ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès des sciences au service du genre humain

VOLUME III AVRIL 1944 NUMÉRO 10

Locomotion naturelle et locomotion mécanique

Le développement considérable des moyens et des vitesses de locomotion est l'un des traits caractéristiques de la deuxième moitié du siècle dernier. Un nouveau milieu — l'air — a été conquis et la maîtrise de la surface des mers a été complétée par le succès des tentatives de navigation sous-marine. A l'heure actuelle, il subsiste bien peu de conditions dans lesquelles l'homme dépendrait uniquement de ses muscles pour se déplacer. Il est important de remarquer que l'avion, le sous-marin, et des autres inventions touchant à la locomotion, ont puisé leur inspiration dans le règne animal et se basent sur des principes qui s'y trouvent nettement établis; c'est pourquoi il est intéressant de comparer les produits du génie mécanique de l'homme et ceux de la Nature.

L'étude des modes de déplacement des animaux, en dehors de son intérêt intrinsèque, peut mener à des conclusions de grande valeur pour le constructeur d'appareils de physique. On trouve une illustration de ce fait dans l'étude analytique du mouvement d'un animal aquatique type, comme le poisson ou le dauphin. La manière dont ces animaux se meuvent dans l'eau et maintiennent une allure régulière est connue avec un degré de précision remarquable, grâce à une combinaison d'observations cinématographiques et d'observations faites avec le tunnel aérodynamique. Il est possible d'établir une comparaison, au moins approximative, entre l'action d'un dauphin, par exemple, et celle d'un sous-marin ou d'une torpille. Les données qui en résultent présentent un intérêt général considérable.

Peu de personnes connaissent la vitesse maximum d'un sous-marin en plongée, mais elle est certainement bien inférieure à celle d'un dauphin. On a souvent surestimé la vitesse de déplacement de ces animaux, mais des observations bien établies montrent qu'un spécimen de près de 2 m de long peut conserver une vitesse minimum de 20 nœuds pendant un temps considérable, sans montrer de signes de fatigue. Il faudrait une puissance de 2½ C.V. pour faire avancer dans l'eau, à cette allure, un modèle rigide à l'échelle; le poids total de muscles dans le corps du dauphin étant d'environ 15 kg, il apparaît que la puissance en C.V. par kilogramme de muscle est d'environ 0,17. Or, le chiffre correspondant pour les muscles d'un athlète très bien entraîné, ou pour ceux d'un chien, ne dépasse jamais 0,024, même si le travail est réduit à une période de temps beaucoup plus petite que celle considérée dans le cas du dauphin. Il faut donc en conclure, ou bien que les muscles du dauphin sont environ 7 fois plus puissants que ceux des autres mammifères, ou que la résistance de l'eau au mouvement du dauphin est très inférieure à la résistance au mouvement du modèle rigide.

La première hypothèse semble peu probable, car elle impliquerait l'emploi d'une quantité anormale d'oxygène et une dissipation de chaleur extrêmement rapide à travers une épaisse couche de graisse. Si l'on admet, d'autre part, que le dauphin produise une puissance musculaire normale par kilogramme de muscle, sa puissance totale serait de 0,3 C.V., suffisante pour que l'animal puisse se mouvoir dans l'eau avec une vitesse de 20 nœuds, pourvu que la résistance soit d'environ 0,1 de celle opposée au modèle rigide. Cette faible résistance ne serait possible que si le courant d'eau le long du corps était parfaitement uniforme et s'il ne se produisait pas de pertes d'énergie, telles que celles dues aux grands remous qui caractérisent le passage de l'eau le long du modèle rigide. Pendant que l'animal se meut, la totalité de la surface du corps est

constamment déformée par les mouvements ondulatoires qui forment une partie essentielle du mécanisme locomoteur, et des observations récentes sur le passage de l'eau le long du corps des poissons conduisent à suggérer que ce sont probablement ces ondulations qui permettent l'élimination des tourbillons. Le fait que, lorsqu'un dauphin nage dans un milieu qui n'est phosphorescent que par agitation, le contour de son corps apparaît comme une surface phosphorescente nette, semble indiquer la même chose: il n'y a aucune apparence de tourbillons.

Dans le domaine du mouvement aérien, la comparaison entre un oiseau ou un insecte et un avion s'impose. Tant qu'un oiseau plane, il est strictement comparable à un avion planeur — avec une différence importante. Dans le cas d'un planeur, les plans et l'empennage sont rigides, tandis que chez l'oiseau, les plumes, qui sont de la plus haute importance, sont extrêmement flexibles. Ceci supprime virtuellement toute perte de vitesse et dote l'oiseau d'une capacité de manœuvre remarquable. Lorsqu'il vole à force, le rôle de son aile est très complexe, car elle représente, combinées en une seule unité, l'hélice et l'aile de l'avion. De plus, tandis que la vitesse du courant d'air venant de l'hélice, est plus ou moins constante, celle de l'air qui circule le long des ailes oscillantes de l'oiseau est extrêmement variable et complexe. Au début et à la fin de chaque demi-cycle d'oscillation, l'aile de l'oiseau est au repos, mais pour les positions intermédiaires, elle atteint des vitesses considérables. Par exemple, la vitesse de l'extrémité de l'aile d'un pigeon, au cours d'un vol lent, est de l'ordre de 96 km à l'heure et elle atteint cette vitesse en moins d'un vingtième de seconde après le départ.

La photographie ultra-rapide est indispensable pour l'observation parfaite de tels mouvements et l'on a obtenu maintenant, grâce à des appareils spéciaux, une image assez complète du cycle total du battement d'ailes. Ces images montrent clairement le rôle essentiel que jouent la flexibilité de chaque plume et de l'aile dans son ensemble pour le maintien d'un vol régulier. L'impression générale qui se dégage de cette étude, donne à penser que le mécanisme de vol de l'oiseau ne conviendrait qu'à des animaux relativement petits et ne volant pas à des vitesses très supérieures à 96 km à l'heure. Toutefois ce mécanisme est associé à une capacité de manœuvre bien supérieure à celle de n'importe quel avion.

Jetant un rapide coup d'œil sur un autre groupe de mouvements comparables, on peut remarquer que ceux de la limace et du tracteur à chenille sont basés sur des principes très similaires, le trait essentiel étant le maintien au sol d'une surface portante stationnaire relativement grande. On a étudié récemment comment cette condition était réalisée chez la limace. Dans ce cas on voit la Nature atteindre le même résultat que l'homme, mais les parties composantes du mécanisme sont très différentes.

La Nature est, dans une certaine mesure, plus versatile que l'homme dans l'emploi des principes fondamentaux. Par exemple, elle emploie d'une part des systèmes de leviers pour les membres de la plupart des vertébrés, d'autre part, dans le mouvement rampant d'un serpent, elle emploie un principe jusqu'à présent complètement négligé par l'homme. Salomon considérait le mouvement du serpent comme l'un des trois phénomènes les plus insondables; en fait, il est relativement simple. Il est basé sur la possibilité pour l'animal de presser les côtés de son corps contre au moins trois objets extérieurs et de modifier sa forme de telle sorte qu'il y ait toujours une pression exercée vers l'arrière aux points de contact.

On peut dire, d'une façon générale, que le mécanisme de la Nature diffère de celui de l'homme sur deux points fondamentaux. D'abord, la Nature emploie toujours des joints souples plutôt que rigides. En second lieu, elle n'emploie pas le système roue et axe. Des mouvements relativement rapides dans un animal dépendent de la possibilité pour les muscles de produire une accélération très rapide des parties oscillantes, et les tensions dangereuses qui en résultent doivent être contrebalancées par des dispositifs de sécurité, composés d'éléments flexibles. Pour la vitesse, excepté sous l'eau, les animaux ne peuvent révaliser avec les inventions de l'homme, mais lorsqu'il s'agit de la capacité de manœuvre, la Nature l'emporte toujours facilement.

On est prié d'adresser les manuscrits et la correspondance au rédacteur en chef, E. J. Holmyard, Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.I. Nous invitons les chercheurs qui poursuivent des travaux importants ou intéressants à nous envoyer de courtes notes sur les expériences en cours et sur leurs derniers résultats.

La chimie de la brousse australienne

JOHN READ

L'Australie, « pays de l'eucalyptus et du kangourou », possède une flore étonnante et unique. La plus grande partie de celle-ci est constituée par des plantes appartenant à la famille des *Myrtacées*, dont l'Europe ne possède qu'une seule espèce indigène. Le Professeur Read expose dans cet article quelques-uns des problèmes botaniques, phytochimiques et chimiques que présente la flore australienne, et rend hommage au travail de pionniers tels que R. T. Baker et H. G. Smith.

UNE FLORE ÉTONNANTE

Depuis l'époque de sa découverte, le monde extérieur se représente l'Australie comme l'habitat d'une flore et d'une faune extraordinaires. Pour des millions de gens qui n'ont jamais approché, même de loin, le grand continent des mers du Sud, c'est le pays de l'eucalyptus et du kangourou. Il y a beaucoup de vrai dans cette conception populaire de l'Australie. L'eucalyptus et le kangourou sont les emblèmes vivants d'une flore et d'une faune uniques au monde; ils sont même dans une certaine mesure des vestiges d'un ordre de choses vivantes appartenant à une époque reculée et qui n'existent pas dans d'autres régions ou qui y sont éteintes depuis longtemps. Cet ancien ordre de choses, immuable en apparence ou se développant d'une façon toute spéciale dans cette portion isolée du globe, a profondément marqué de son sceau les caractères extérieurs des représentants de la flore australienne aussi bien que les produits auxquels ils donnent naissance.

L'étrangeté de la flore australienne pour le voyageur européen est due au fait que la plus grande partie de cette végétation est constituée par des plantes appartenant à la vaste famille des *Myrtacées*, dont l'Europe ne peut revendiquer qu'une seule espèce, le myrte odorant cher aux poètes (*Myrtus communis*). L'Australie possède plus de huit cents espèces de *Myrtacées;* ce chiffre n'est dépassé que par une famille plus effacée, celle des *Légumineuses*, représentée par quelque treize cents espèces. Le genre *Eucalyptus* est le plus important des quarante-cinq genres de *Myrtacées* existant en Australie [14]. Ce genre est une forme hautement spécialisée de myrtacée qui s'est développée à profusion, probablement après la séparation de l'Australie d'avec les vastes territoires tropicaux, et s'est adaptée au milieu plus sec et plus aride [14]. Parmi les autres myrtacées australiennes on rencontre les genres *Myrtus*, *Eugenia*, *Angophora*, *Backhousia*, *Melaleuca*, *Leptospermum*, et *Darwinia*. Les trois derniers sont des arbrisseaux, les autres, de même que l'*Eucalyptus*, sont surtout des arbres. Ce sont tous des végétaux à fruits secs, sauf l'*Eugenia* et le *Myrtus* dont les fruits sont des baies charnues. Les myrtacées à fruits secs sont presque toutes australiennes, mais on en rencontre quelques représentants en Nouvelle Guinée, aux Célèbes, en Nouvelle Calédonie et dans les îles avoisinantes, et en Nouvelle Zélande. La forme et la grosseur des fruits sont des caractères importants pour l'identification des espèces d'*Eucalyptus*. L'Australie, la Nouvelle Guinée et les Célèbes sont à peu près exclusivement les seuls endroits où le genre *Eucalyptus* pousse à l'état naturel, mais on en cultive maintenant de façon intensive des espèces correctement choisies dans nombre d'autres pays, depuis la Nouvelle Zélande jusqu'à la Californie, l'Afrique du Sud, et la région méditerranéenne. Ces espèces sont cultivées surtout pour leur bois dont la croissance est extrêmement rapide, et pour leurs effets bienfaisants dans les régions marécageuses. Près de Rotorua, en Nouvelle Zélande, par exemple, l'*E. oreades* atteint couramment une hauteur de 36 mètres en trente ans.

L'INDUSTRIE DE L'ESSENCE D'EUCALYPTUS

Bien qu'il soit plus difficile d'apprécier les caractères biochimiques des organismes vivants que leurs caractères morphologiques, les premiers colons ne furent pas longs à se rendre compte combien les arbres et les buissons de la brousse australienne étaient riches en essences aromatiques et en exsudations résineuses. Ces dernières, si courantes chez les eucalyptus, furent appelées à tort « gommes », et les arbres eux-mêmes reçurent le nom de « gommiers ». Le bois de nombreuses espèces d'*Eucalyptus* est à juste titre très apprécié [1]; mais ce sont surtout les huiles essentielles qui lui donnent son importance, au point de vue chimique.

Ces huiles essentielles sont sécrétées dans les feuilles par de minuscules glandes translucides qui sont visibles lorsque l'on regarde une feuille par transparence; on trouve parfois également une essence analogue dans l'écorce et dans le bois. Ces huiles essentielles, ou essences, possèdent une odeur aromatique ainsi que leur nom l'indique. Elles sont plus fluides et plus volatiles que les huiles fixes végétales, telles que les huiles de lin, de coton, de noix de coco, et d'olive; contrairement à ces huiles, ce ne sont pas des matières grasses et elles ne sont pas assimilables. Etant très inflammables, elles sont en grande partie responsables de la violence des incendies de brousse en Australie. En dehors de l'*Eucalyptus*, les autres genres de myrtacées mentionnées plus haut fournissent également une abondance d'huiles essentielles, et il en est de même pour beaucoup d'autres plantes australiennes appartenant aux familles des *Conifères*, des *Rutacées*, des *Labiées*, etc. L'industrie des huiles essentielles qui prit naissance autour des eucalyptus, s'est donc graduellement étendue à beaucoup d'espèces appartenant à d'autres genres et à d'autres familles de plantes indigènes.

Les essences d'eucalyptus sont de beaucoup les plus importantes et les plus communes de ces essences. L'histoire de la première distillation d'une huile essentielle en Australie est associée au nom du Dr John White, Médecin-chef de la première colonie. Il faisait partie de l'expédition du Gouverneur Phillip, qui arriva à Botany Bay le 20 janvier 1788 avec sa cargaison de soldats, de fonctionnaires et de déportés. Le voyage d'Angleterre en Australie, via Rio de Janeiro et le Cap de Bonne Espérance, dura plus de huit mois et il est décrit avec force détails intéressants dans le *Journal* de White, qui porte la date: Sydney Cove, Port Jackson, Nouvelle Galles du Sud, 18 novembre 1788 [9] [15].

Peu après que la colonie naissante se fut transportée de Botany Bay à Port Jackson, White se trouva avoir épuisé sa provision d'essence de menthe poivrée qui était très appréciée à cette époque comme spécifique contre « les douleurs goutteuses et coliqueuses » et « les désordres causés par les vents ». Le médecin-chef et son assistant Considen, trouvèrent qu'ils pouvaient la remplacer par l'essence obtenue par distillation des feuilles d'un arbre poussant sur le rivage de Port Jackson. On trouve l'exposé suivant dans un appendice du *Journal* de White [15]:

> M. WHITE a donné à cette plante le nom d'arbre de menthe poivrée à cause de la très grande ressemblance entre l'huile extraite de ses feuilles et celle que l'on obtient à partir de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) qui pousse en Angleterre. M. WHITE a constaté que cette huile était beaucoup plus efficace pour faire disparaître toutes les douleurs coliqueuses que celle de la menthe anglaise, il attribue ceci à ce qu'elle est moins piquante et plus aromatique.

L'Appendice au *Journal* de White, qui contient une description illustrée de la flore et de la faune du nouveau pays, renferme un dessin intitulé « L'arbre de menthe poivrée ». Cette espèce est connue sous le nom d'*E. piperita* ou Menthe de Sydney et elle est commune autour de Sydney et dans les Montagnes Bleues de la Nouvelle Galles du Sud.

On a souvent tendance à croire que l'« essence d'eucalyptus » est un produit de composition standard constitué en grande partie par de l'eucalyptol, également appelé cinéol, dont l'odeur est si largement répandue pendant les périodes de grippe, grâce aux mouchoirs qui en sont imprégnés. Le terme « essence d'eucalyptus » est en réalité très vague et sans signification précise. En fait, chaque espèce d'*Eucalyptus*, et l'on en connaît près de trois cents[1], fournit une essence particulière et chacune de ces essences est un mélange complexe. L'essence d'eucalyptus mentionnée par White avait, comme nous l'avons vu, une odeur de menthe et non d'eucalyptol. Les odeurs des essences d'eucalyptus sont en réalité très variées et comprennent parmi les plus courantes celles de térébenthine, de menthe, d'eucalyptol, de citron et de géranium.

Ces essences et leurs nombreux composants ont déjà fait l'objet de multiples applications. A l'origine, les emplois des essences d'eucalyptus furent surtout médicinaux. Pour de tels emplois, l'essence d'*E. globulus*, ou Gommier bleu, occupa tout d'abord la première place; mais en définitive elle fut remplacée par des essences de cinéol ayant les mêmes caractères généraux mais fournies par des espèces dont le rendement en essence est beaucoup plus élevé. En effet, les feuilles et les rameaux d'*E. globulus* fournissent moins de 1 pour cent d'essence, le rendement est double pour l'*E. polybractea* et presque quadruple pour l'*E. australiana*. Ces trois essences sont riches en cinéol et sont utilisées principalement comme antiseptiques et bactéricides légers. Un grand nombre d'autres

[1]Le nombre des espèces d'*Eucalyptus* identifiées par différents chercheurs varie très largement et atteint un maximum de cinq cents. La nomenclature varie considérablement pour ce genre: c'est la nomenclature de Baker et Smith [2] qui a été adoptée pour cet article.

essences d'eucalyptus présentent à des degrés divers cette propriété qui n'est pas particulière aux essences renfermant du cinéol ainsi qu'on l'avait supposé à l'origine. La première usine pour l'extraction des essences d'eucalyptus fut installée dans l'Etat de Victoria, en 1854, par Bosisto. A mesure que les essences provenant de diverses espèces commencèrent à être mieux connues, on s'aperçut que certaines pouvaient être utilisées en parfumerie, et que d'autres avaient leurs emplois dans certaines techniques spéciales telles que celle de la « flottation » pour la concentration des minerais, ou dans la fabrication des produits chimiques purs. La distillation des essences d'eucalyptus devint alors une importante industrie australienne.

C'est littéralement que cette industrie a ses racines dans la brousse australienne; dans les emplacements favorables, les campements des distillateurs d'essences avec leurs alambics de campagne constituent encore aujourd'hui un spectacle familier. En voyageant le long d'une piste dans une de ces régions, on peut avoir à traverser une forêt naturelle d'eucalyptus d'espèces variées. Il y en a de tous les âges, depuis les très jeunes plants hauts de quelques centimètres, jusqu'aux géants de la forêt nés bien avant la venue du Capitaine Cook et de ses premiers colons. On peut rencontrer dans un certain district de la Nouvelle Galles du Sud les gigantesques *E. corymbosa*, reconnaissables à leur rude écorce écailleuse d'une chaude teinte rouge, et à leurs longues coulées d'exsudations résineuses; les eucalyptus poivrées (*E. phellandra*) aux branches dégagées, aux feuilles étroites et à l'écorce délicatement réticulée; les orgueilleux *E. eugenioides* avec leur écorce blanche caractérisée par ses cannelures fibreuses et entrecroisées; les gracieux *E. smithii* aux branches gris cendré et aux longues feuilles retombantes; et bien d'autres encore.

Dans cette région de la Nouvelle Galles du Sud pousse entre les troncs des eucalyptus une luxuriante végétation d'arbrisseaux et de buissons: leptospermes d'espèces variées aux petites feuilles odorantes; acacias vert sombre, ressemblant à des plumes; banksias aux feuilles rigides; waratahs aux tiges grèles; fleurs de flanelle aux pétales mous, rappelant les edelweiss; à chaque pas s'offrent des espèces nouvelles illustrant la richesse et l'étrangeté de la flore de cette région de la brousse australienne [7].

L'écologie des eucalyptus présente un grand intérêt. La nature des espèces varie énormément avec le sol, l'altitude, le climat et les autres conditions de milieu. Dans la répartition naturelle du genre *Eucalyptus*, à chaque région appartient une sélection caractéristique d'espèces adaptées au lieu dans lequel elles poussent. On ne rencontre généralement pas une forêt d'eucalyptus constituée par une seule espèce; en effet, à l'exception de l'*E. phellandra* et de quelques autres espèces, les habitudes grégaires de l'eucalyptus sont propres au genre plutôt qu'aux espèces qui le composent. La taille des eucalyptus varie de celle des eucalyptus nains ou « mallees » jusqu'aux formes géantes telles que celle du majestueux *E. regnans*, dont certains spécimens dans le Gippsland, atteignaient une hauteur de plus de 100 mètres et une circonférence de plus de 20 mètres. Les arbres de grande taille se rencontrent surtout dans les régions où le sol est sablonneux et pauvre en éléments minéraux dont ils n'emmagasinent dans leur bois que de faibles quantités (0,025 à 0,05 pour cent) — aussi a-t-on supposé que cette particularité était la cause principale du fait que ces arbres atteignent de telles dimensions.

L'utilisation commerciale d'une espèce donnée d'eucalyptus comme source d'huile essentielle dépend de la composition de cette essence et de son rendement; elle dépend également, pour les arbres poussant à l'état sauvage, de la plus ou moins grande facilité d'accès. Le rendement moyen des feuilles et des branchettes terminales va de 3,5 pour cent pour l'*E. australiana* et l'*E. phellandra*, à 0,06 pour cent pour l'*E. corymbosa;* certaines espèces plus pauvres encore n'en renferment que des traces. La récolte des feuilles pour la distillation se fait soit en ébranchant les arbres, soit en les abattant; bien que l'abattage puisse sembler être du gaspillage, il est souvent préconisé par les distillateurs expérimentés. Si l'on coupe un arbre à 30 ou 60 centimètres du sol, de nombreux surgeons richement feuillus apparaissent rapidement et l'on peut continuer à les couper à intervalles sans épuiser la capacité reproductrice de l'arbre.

Dans le district de Wyalong, dans la Nouvelle Galles du Sud, le traitement appliqué à l'*E. polybractea* ou « mallee » bleu est encore plus brutal. Les « mallees » sont des eucalyptus nains constitués par un bouquet de courtes tiges sortant d'une couronne de racines. Ces eucalyptus nains couvrent de vastes étendues de la partie Ouest de la Nouvelle Galles du Sud, de l'Australie méridionale, et d'autres régions. L'une de ces espèces, *E. oleosa*, emmagasine dans ses racines des réserves d'eau appréciées par les aborigènes australiens. Trois de ces eucalyptus nains en

particulier fournissent d'excellentes essences à base de cinéol: ce sont le Mallee bleu de la Nouvelle Galles du Sud, et les *E. odorata* et *E. cneorifolia*, qui fournissent la plus grande partie de l'essence d'eucalyptus distillée dans le sud de l'Australie; la dernière espèce se rencontre surtout dans l'île Kangaroo.

La récolte des feuilles est plus aisée pour les eucalyptus nains que pour les arbres, mais les manipulations qui suivent sont les mêmes. Les feuilles sont mises en contact avec de la vapeur d'eau afin de libérer l'essence qu'elles renferment: ce traitement fait éclater les glandes à essence et celle-ci se vaporise lentement. L'alambic de campagne, destiné à être chauffé à feu nu, consiste en un réservoir cubique en fer d'une capacité de 1.500 litres, correspondant à environ 365 kg. de matière première. Les feuilles fortement tassées sont placées sur une grille au-dessous de laquelle on fait bouillir de l'eau placée dans le réservoir chauffé par un feu de bois. La vapeur force son chemin à travers les feuilles, se chargeant de l'essence libérée par la chaleur, et passe ensuite dans un tube de sortie refroidi par un courant d'eau et s'y condense. Le mélange liquide d'eau et d'essence coule dans un récipient construit de telle sorte que la couche relativement mince d'essence puisse être aisément séparée de l'eau qu'elle surnage. Dans les modèles plus perfectionnés d'appareils à distillation d'essences, la vapeur d'eau est fournie par une chaudière indépendante et traverse sous pression une série de digesteurs qui sont souvent enfoncés dans le sol pour faciliter la manipulation des feuilles fraiches et des feuilles épuisées. L'emploi du procédé indiqué ici n'est pas limité à l'extraction des essences d'eucalyptus: d'une façon générale il peut être appliqué à l'extraction des huiles essentielles d'origine végétale, à condition que les constituants chimiques de ces essences ne soient pas altérés par la vapeur d'eau.

Le nombre des espèces produisant du cinéol est très grand et la réputation des essences à base de cinéol a eu à souffrir d'erreurs commises sur le terrain. Une appellation populaire est sujette à des interprétations variées selon les opinions locales; c'est pourquoi, il y a plusieurs années, les distillateurs dignes de confiance décidèrent d'employer les noms latins et la classification systématique. L'emploi de la nomenclature scientifique en pleine brousse australienne peut paraître surprenant; cependant — ainsi que le faisait remarquer un jour en termes légèrement différents, un vieux « broussard » — il n'y a rien de particulièrement difficile dans la prononciation d'*Eucalyptus macarthuri* et ce nom est sans aucun doute plus euphonique que certaines appellations locales. Sur ce point comme sur beaucoup d'autres, les distillateurs de la brousse sont des hommes éminemment capables d'adaptation et pleins de ressources.

CARACTÈRES CHIMIQUES DES EUCALYPTUS

Nous allons donner maintenant les grandes lignes des bases scientifiques de l'industrie des essences d'eucalyptus. La première étude chimique de l'une de ces huiles essentielles fut faite en 1870 par le chimiste français Cloëz qui obtint du cinéol impur par distillation fractionnée de l'essence d'*E. globulus*. Depuis ce moment, en Australie et ailleurs, de nombreux chercheurs ont peu à peu révélé la chimie passionnante de la flore australienne. A l'heure actuelle, pour le seul genre *Eucalyptus*, les huiles essentielles de plus de deux cents espèces ont été étudiées au point de vue chimique.

A l'intérieur de ce genre, les liens entre les espèces sont si entremêlés, les différences si subtiles, qu'il n'aurait pas été possible d'en effectuer une étude complète sans la combinaison des efforts du chimiste et de ceux du botaniste. Par bonheur une telle combinaison a pu être réalisée. En 1895, H. G. Smith (1852–1924) publiait en collaboration avec J. H. Maiden, le distingué botaniste australien, son premier travail original de chimie organique, sous la forme d'un article sur les kinos, ou exsudations résineuses des eucalyptus. La même année, R. T. Baker (1854–1941) fut nommé Conservateur du Musée technologique de Sydney où il était également chargé de travaux de Botanique appliquée; et en 1899, Smith fut nommé Conservateur-adjoint du Musée et chargé de travaux de Chimie appliquée. Les deux confrères entrèrent avec enthousiasme en collaboration, et de ce moment à celui de leur retraite en 1921, ils poursuivirent au Musée une série classique de recherches botaniques et chimiques sur la flore australienne. Baker et Smith était tous deux nés dans le comté de Kent, et arrivèrent par des voies différentes à Sydney, aux environs de 1880; ils furent des pionniers de la recherche scientifique dans ce pays neuf, et il est bon de faire remarquer que tous deux eurent dans une large mesure à faire leur propre éducation afin d'être capables de réaliser leur œuvre principale.

Les recherches de Baker et Smith sur le genre *Eucalyptus* furent publiées à Sydney en 1902, puis,

après révision, en 1920 [2]. Ces recherches sur les huiles essentielles fournies par de nombreuses espèces du continent australien et de l'île de Tasmanie ont montré que ce genre produit plus de quarante constituants chimiques distincts de ces essences; Smith a été le premier à reconnaître la présence d'environ la moitié d'entre eux dans les essences d'eucalyptus. Ces substances sont pour la plupart des hydrocarbures ou des dérivés oxygénés appartenant à la série des terpènes, tels que le pinène, le phellandrène, le limonène, le cinéol, la pipéritone, l'eudesmol, le géraniol, le citral et le citronnellal; il existe également des constituants aliphatiques et aromatiques. Certains d'entre eux ne se rencontrent que dans la flore australienne qui est d'autre part la source la plus abondante de certains autres.

Chaque essence contient une certaine sélection de ces constituants en proportions assez nettement déterminées, et elle est caractéristique de l'espèce qui la fournit. La composition des essences de feuilles semble rester sensiblement la même chez les eucalyptus cultivés en dehors de leur habitat australien [4]. Le rendement en essence peut être considérablement augmenté par la culture. Baker et Smith conclurent que les espèces d'*Eucalyptus* possèdent des caractères chimiques aussi spécifiques que leur caractères morphologiques. Mieux encore, ils purent parfois discerner une différence chimique entre deux espèces très voisines, ou entre des variétés qui ne présentaient aucune distinction morphologique nette. Ils fondèrent par exemple, presque entièrement sur des données chimiques, l'espèce *E. phellandra:* « il est très important au point de vue économique », écrivaient-ils en 1920, « de distinguer cette espèce de l'*E. australiana*, car pour le moment la valeur de cette dernière est plus du double de celle de l'*E. phellandra* ».

Cette citation illustre la double portée des recherches faites en collaboration par Baker et Smith, car ils attachaient autant d'importance aux possibilités économiques latentes qu'au progrès scientifique immédiat. Toute la valeur des essences d'*Eucalyptus* comme source de production, sur une grande échelle, de nombreux produits chimiques organiques purs se révéla alors complètement. L'essence brute d'une bonne espèce à cinéol, *E. polybractea* ou *E. smithii* par exemple, peut en renfermer plus de 80 pour cent qui se sépare aisément (surtout de l'essence obtenue au cours de la première heure de distillation) sous la forme d'une masse cristalline glaciale lorsque l'essence est refroidie dans un réfrigérateur à ammoniaque. L'essence d'*E. dives* peut donner par distillation fractionnée, environ 50 pour cent de pipéritone et 40 pour cent de phellandrène: elle peut par conséquent constituer une source de produits voisins tels que le thymol et le menthol. L'essence de l'*E. macarthuri* qui renferme environ 75 pour cent d'acétate de géranyle avec un peu de géraniol libre, constitue une source abondante de cette précieuse matière première des parfums; cette essence renferme en outre un alcool sesquiterpénique beaucoup plus rare, l'eudesmol. En Nouvelle Zélande, où cette espèce est très appréciée, également au point de vue agricole, elle est cultivée dans d'énormes plantations autour de Rotorua.

L'essence brute de l'*E. citriodora*, le « gommier à odeur de citron » du Queensland, est presque entièrement constituée par du citronnellal (90 pour cent); et une autre espèce originaire du Queensland, *E. staigeriana*, fournit une essence renfermant environ 16 pour cent de citral. Cette essence a joué un rôle dans l'une des démonstrations les plus spectaculaires, faite par H. G. Smith, de la valeur des produits végétaux australiens pour des applications courantes [8]. Au cours d'un dîner officiel resté célèbre dans les annales de la Royal Society de la Nouvelle Galles du Sud, Smith introduisit en fraude dans le menu, du soi-disant sagou au lait parfumé au citron qui, ainsi qu'il le révéla dans son discours d'après-dîner, avait été préparé, sous sa surveillance, avec de l'amidon de *Macrozamia spiralis*, et parfumé avec l'essence à odeur de citron des feuilles de l'*E. staigeriana*. Heureusement pour les convives, ce tour de force culinaire n'eut pas d'effets désagréables [10].

Les généralisations tirées par Baker et Smith de leur travail en collaboration sont extrêmement intéressantes. Ils ont pu arriver à la conclusion que les essences provenant de n'importe quelle espèce d'*Eucalyptus* poussant dans des conditions naturelles ont une composition chimique relativement constante; que la proportion de chacun des constituants chimiques augmente graduellement à travers une série d'espèces jusqu'à ce qu'elle arrive à un maximum dans une ou plusieurs d'entre elles; et qu'il existe une relation entre certains des caractères morphologiques tels que la nervation des feuilles lancéolées complètement développées, et la nature chimique de l'essence. Une nervation penniforme (comme chez l'*E. corymbosa* et l'*E. calophylla*, l'« eucalyptus résineux » de l'Australie occidentale) dénote la présence de pinène et peut-être d'acétate de bornyle (Groupe

I); une nervation intermédiaire (comme chez l'*E. globulus*, l'*E. smithii*, et l'*E. polybractea*) indique la présence de pinène et de cinéol (Groupe II); et une nervation en « ailes de papillon » (comme chez l'*E. piperita* et l'*E. dives*) indique la présence de phellandrène et peut-être de pipéritone ou d'acétate de géranyle (Groupe III).

Un grand nombre d'espèces d'*Eucalyptus* se divisent donc en trois groupes principaux dont il est possible de déduire les caractères chimiques par simple examen de la nervation [11]. C'est une conclusion surprenante et qui suggère, entre autres, une réapparition de la doctrine médiévale des signatures [10], selon laquelle « l'Ordonnateur de la *Nature* » fournissait à l'homme de précieuses indications en gravant « des *Images* merveilleuses et très visibles sur les *Plantes* . . . et autres *Organismes* inférieurs ». Cette hypothèse peut même être poussée plus loin pour certaines espèces. L'*E. gullicki* et l'*E. haemastoma*, par exemple, que l'on rencontre parfois poussant dans les mêmes endroits, sont très semblables d'aspect car ce sont des arbres de taille moyenne à l'écorce lisse et blanche. Mais la nervation des feuilles et leur odeur lorsqu'on les froisse, indiquent que l'*E. gullicki* produit du cinéol (Groupe II) et l'*E. haemastoma* du phellandrène (Groupe III). Mieux encore, cette dernière espèce présente presque toujours sur son écorce des marques faites par des insectes et ressemblant à des griffonnages, tandis que l'*E. gullicki* en est exempt. L'*E. punctata* et certaines autres espèces laissent exsuder, à la suite de piqûres d'insectes sur leurs feuilles et leur écorce, des masses verruqueuses de « manne d'eucalyptus »: ce produit curieux est constitué par un sucre, le raffinose.

ÉVOLUTION DE L'EUCALYPTUS

Un résultat très important de ces recherches phytochimiques qui comportaient l'examen détaillé des autres caractères botaniques et chimiques (y compris la morphologie des anthères et des cotylédons, la coloration des bois, et la nature chimique des exsudations) a été le développement par Baker et Smith d'une théorie de l'évolution géographique et chronologique du genre *Eucalyptus* [2]. Il semble que le genre *Eucalyptus* ait existé dans l'hémisphère nord à la période tertiaire ou peut-être pendant le Crétacé; mais la théorie de Baker et Smith concerne uniquement l'Australie. D'après cette théorie il est possible que le genre ait débuté dans les régions du Nord et du Nord-ouest de l'Australie, on n'y trouve que les espèces les plus anciennes, elles appartiennent au Groupe I et ont des feuilles pennatinerviées fournissant un maximum de 0,5 pour cent d'essence à base de pinène. On considère que l'évolution botanique a été accompagnée d'une évolution chimique. A mesure que le genre *Eucalyptus* s'étendait lentement vers l'Est et le Sud, l'évolution d'espèces nouvelles était déterminée par les changements dans les conditions de terrain et de climat, et les essences pinène-cinéol du Groupe II firent leur apparition. Aux derniers degrés de cette évolution, les espèces les plus récentes, celles du Groupe III, ne se rencontrent que dans le Sud-ouest de l'Australie et en Tasmanie. Pendant le passage de la nervation penniforme à la nervation en « ailes de papillon », l'angle formé par la nervure médiane et les nervures latérales devient de plus en plus aigu et le rendement en essence augmente jusqu'à un maximum de 4,5 pour cent, car il y a plus d'espace pour les glandes à essence entre les nervures latérales des deux derniers types que dans la structure penniforme.

Le type primaire persiste encore aujourd'hui; quelques espèces sont communes dans les régions de l'Ouest (Perth) et de l'Est (Sydney), cependant on n'en connaît aucun représentant dans l'Etat de Victoria, excepté en bordure de la côte à l'Est, ni en Tasmanie. Même les espèces les plus récentes sont très anciennes: plus de la moitié des espèces indigènes de Tasmanie se rencontrent sur le continent lui-même, et l'on en a conclu qu'elles étaient déjà des espèces distinctes bien avant la formation du détroit de Bass.

A côté des trois groupes principaux de cet ordre hypothétique d'évolution, la classification transformiste tient compte d'espèces exceptionnelles telles que les *E. macarthuri* et *E. citriodora* chez lesquels les principaux constituants des essences de feuilles sont respectivement l'acétate de géranyle et le citronnellal. Baker et Smith considéraient ces espèces comme des exceptions au points de vue botanique et chimique, ou comme les derniers membres d'une série dont les formes de transition auraient disparu au cours de l'évolution [13] [14].

QUELQUES DÉTAILS SUPPLÉMENTAIRES SUR LA CHIMIE VÉGÉTALE AUSTRALIENNE

Bien que le genre *Eucalyptus* soit prédominant en Australie, ce continent possède un grand nombre d'autres plantes très intéressantes au point de vue chimique [13]. En dehors des eucalyptus, les myrtacées comprennent des plantes telles que les « arbres à thé » appartenant aux

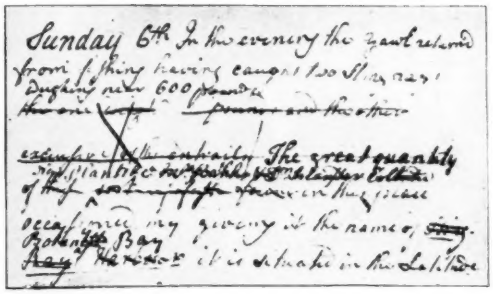


FIGURE 1 – « *Le nom de* Botany Bay »: *inscription dans le Journal du Capitaine Cook, le* 6 *mai* 1770.
(Avec l'aimable autorisation de la Bibliothèque Nationale du Commonwealth australien.)

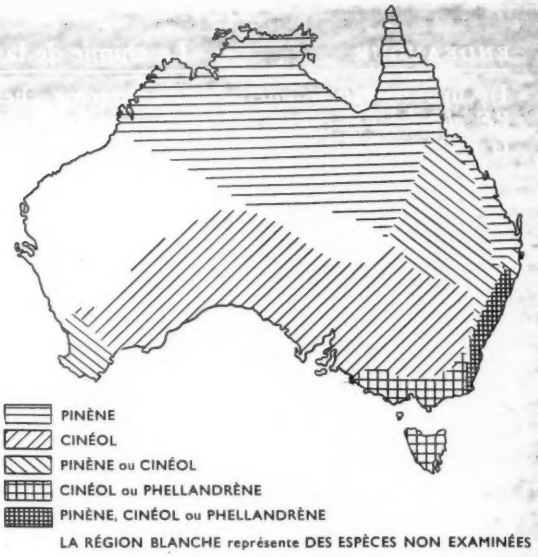


FIGURE 2 – *Distribution phytochimique de l'*Eucalyptus *en Australie. La carte montre les limites géographiques des espèces selon les constituants chimiques des essences.*
(R. T. Baker et H. G. Smith [2].)

FIGURE 3 – *Richard Thomas Baker* (1854–1941).

FIGURE 4 – *Henry George Smith* (1852–1924).

FIGURE 5 – E. rostrata (*Eucalyptus résineux de Murray*). *Près de Warburton, Etat de Victoria. C'est la plus largement répandue de toutes les espèces d'*Eucalyptus *car elle pousse sur les rives de presque toutes les rivières de l'intérieur de l'Australie.*

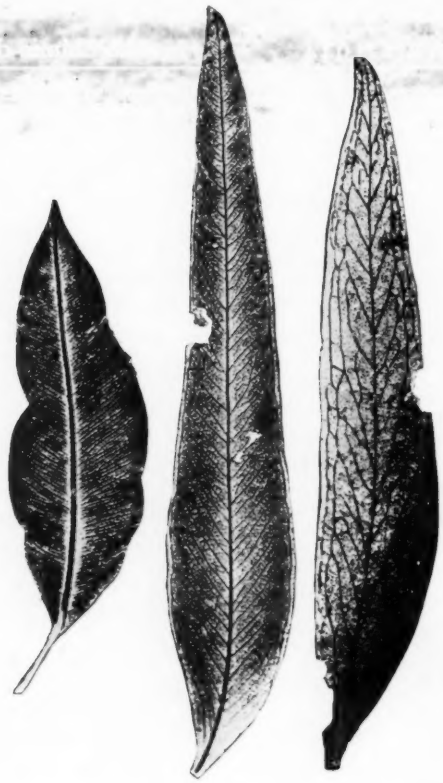


FIGURE 6 – *Types de nervation des feuilles d'*Eucalyptus: E. corymbosa (*Groupe I*), E. smithii (*Groupe II*), E. radiata (*Groupe III*). *Les feuilles étant employées comme négatifs, les glandes à essences apparaissent comme des points noirs.* (*Grandeur nature.*)

FIGURE 7 – Darwinia fascicularis. *L'essence des feuilles de cet arbuste est une riche source d'acétate de géranyle.*
(*D'après une photographie par H. G. Smith.*)

FIGURE 8 – dl-*menthol obtenu à partir de la pipéritone. Ce spécimen contient les cristaux les plus purs que l'on connaisse de la forme* dl *du menthol naturel, certains mesurent jusqu'à* 8 *cm. de long.*
(*D'après une photographie par J. Gerrard, St Andrews.*)

genres *Melaleuca*, *Leptospermum* et autres, qui doivent leur nom vulgaire à l'emploi par le Capitaine Cook des feuilles de *L. scoparium* comme succédané du thé. Ce sont des arbustes ou des arbres à feuilles odoriférantes: l'essence de *L. liversidgei* par exemple, renferme 60 pour cent de citral. Le *Backhousia citriodora* fournit une essence encore plus riche en citral puisqu'elle n'est autre que ce produit presque pur. Le genre *Darwinia fascicularis*, un buisson bas qui pousse dans les régions sablonneuses et arides, fournit une huile essentielle qui rivalise avec celle de l'*E. macarthuri* comme source d'acétate de géranyle.

Beaucoup des magnifiques acacias australiens, dont il existe plus de quatre cents espèces, laissent exsuder des gommes. Certaines espèces des régions arides de l'Ouest fournissent une gomme arabique excellente mais dont la récolte ne peut être effectuée économiquement. *A. pycnantha*, *A. mollissima*, *A. decurrens* et autres, fournissent d'excellents produits tannants; cependant, la culture de ces arbres à écorces tannantes, et la récolte de celles-ci, peut être réalisée plus économiquement dans les plantations d'Afrique du Sud.

Beaucoup des conifères d'Australie appartiennent au genre *Callitris*, le genre *Pinus* ne fait pas partie de la flore indigène. D'après Baker et Smith [3] [13], le genre *Callitris* a lui aussi subi une évolution au cours de sa traversée du continent d'Est en Ouest. *C. glauca*, une espèce typiquement « occidentale », constitue la meilleure source d'essence d'aiguilles de pin, renfermant du pinène et de l'acétate de bornyle; mais *C. tasmanica*, une espèce « orientale », fournit une huile essentielle contenant 60 pour cent d'acétate de géranyle et c'est donc une conifère que l'on pourrait exploiter pour la production commerciale du géraniol. Parmi les autres conifères d'Australie, l'*Araucaria cunninghamii* (Pin de la baie de Moreton) fournit un bois excellent; l'*Agathis robusta* (Kauri du Queensland) produit une oléo-résine qui constitue au point de vue économique la meilleure source australienne de térébenthine; et le *Dacridium franklini* (Pin de Huon) fournit un bois très résistant aux insectes, peut-être parce qu'il contient du méthyl-eugénol. Malheureusement, avant l'avènement des méthodes scientifiques de sylviculture en Australie, les bûcherons abattirent inconsidérément ces espèces magnifiques et uniques sans que l'on songeât à en replanter d'autres.

En résumé, les myrtacées (*Eucalyptus* et ses congénères) sont remarquables pour leur richesse en huiles essentielles; les acacias et les « pins » australiens sont surtout des sources de produits astringents. Il n'est pas possible d'énumérer ici les alcaloïdes, les matières colorantes, les glucosides, les saponines, les amidons, les fibres cellulosiques, et tous les autres produits organiques importants que différents chercheurs ont isolés des plantes australiennes. Il faut cependant trouver la place de mentionner les *Boronias* (*Rutacées*) aux délicats pétales roses, aux parfums étranges et aux essences intéressantes; les sassafras et les santals; et les *Xanthorrhœas* renommés pour leur résine jaunâtre à partir de laquelle on peut fabriquer de l'acide picrique.

PROBLÈMES PHYTOCHIMIQUES ET CHIMIQUES

L'étude de la flore australienne offre au botaniste et au chimiste organicien une quantité de problèmes intéressants. Le botaniste, parfois incapable d'aller aussi loin que le chimiste dans la différenciation, aura recours à lui pour savoir où une espèce finit et où une variété commence. Un exemple intéressant est celui de l'*E. dives* dont la forme type fournit une essence renfermant jusqu'à 50 pour cent de pipéritone. C'est une espèce dont la valeur commerciale est grande, mais il est impossible de distinguer, au point de vue botanique, entre trois variétés chez lesquelles les proportions de pipéritone varient entre 20 pour cent et zéro, avec une augmentation de la quantité de phellandrène dans l'une des variétés et la présence dans les deux autres de 25 à 75 pour cent de cinéol [6]. Dans quelle mesure la chimie peut-elle aider à la classification des formes vivantes?

C'est L'Héritier qui, en 1788, fabriqua ce nom admirable: *Eucalyptus*, du grec *eu* (bien) et *kalyptos* (couvert), ceci s'appliquant au fruit dont les parties internes sont protégées par un couvercle ou opercule qui tombe lorsque les étamines arrivent à maturité. Baker et Smith considéraient que pour cette raison et plusieurs autres, la fécondation croisée à l'intérieur de ce genre ne se produit que très rarement dans les conditions naturelles. Le botaniste et le chimiste seraient tous deux intéressés de voir quels seraient les effets d'une hybridation soigneusement contrôlée, sur la composition chimique des essences d'eucalyptus. Comment les facteurs chimiques seraient-ils transmis? Serait-il possible de produire des espèces fournissant des huiles essentielles d'une valeur donnée?

L'étude de la pipéritone illustre quelques-uns des problèmes de nature purement chimique qui se présentent. Smith a montré que cette cétone

est le constituant qui donne à l'essence d'eucalyptus poivré de Sydney son odeur de menthe. Cette substance se rencontre dans plus de vingt espèces d'*Eucalyptus* invariablement sous la forme lévogyre (*l*). En 1921, J. L. Simonsen [12], travaillant indépendamment à Dehra Dun, aux Indes, découvrit la pipéritone dextrogyre (*d*) dans l'essence d'une herbe indienne *Andropogon jwarancusa*. Ces deux pipéritones des hémisphères nord et sud sont identiques mais leurs molécules sont, l'une par rapport à l'autre, comme un objet et son image dans un miroir. Une étude systématique de ces deux formes de la pipéritone, commencée à Sydney et continuée à St Andrews [5] [9], à permis d'élucider dans une large mesure les problèmes chimiques et stéréochimiques du groupe des terpènes, et a conduit à formuler des hypothèses biochimiques importantes.

En premier lieu, grâce à un système de délicates réactions chimiques, l'on a pu préparer à partir de la pipéritone les quatre sortes de menthol. Théoriquement chacune devrait exister sous ses formes droite et gauche, en même temps que sous une forme *dl* constituée par une égale proportion de chacune des deux. A la suite de ce travail, elles ont pu être maintenant toutes mises à la disposition du chimiste. L'une de ces douze formes, le *l*-menthol, est identique au menthol naturel de l'essence de menthe poivrée (*Mentha piperita*).

Deuxièmement, il s'est avéré possible, par des procédés de laboratoire, de passer de la pipéritone australienne gauche, à la pipéritone indienne droite, une réussite stéréochimique d'un grand intérêt.

En dernier lieu, ces recherches stéréochimiques et chimiques donnent une indication des relations biochimiques existant entre les constituants des essences australienne et indienne dont nous venons de parler. Baker et Smith considéraient que le composé à chaîne ouverte, géraniol, avait été hérité par le genre *Eucalyptus* du genre plus ancien *Angophora*, et qu'il était présent dans le genre tout entier, bien qu'on ne le retrouve souvent qu'en faibles quantités. Ce point de vue étant accepté, on suppose actuellement que le géraniol se comporte dans le genre *Eucalyptus* comme le point de départ du pipéritol, de la pipéritone, et du phellandrène. On a proposé un schéma théorique détaillé pour les herbes indiennes, dans lequel les réactions suivent une voie légèrement différente, conduisant du géraniol au pipéritol et à la pipéritone avec le carène à la place du phellandrène. Il est clair qu'il peut y avoir deux séries de réactions chimiques, et depuis que cette théorie a été mise en avant, l'on a reproduit au laboratoire quelques-uns des échelons; mais il reste à élucider par quel moyen les plantes distinguent entre les molécules droites et gauches.

« Le contrôle extrêmement délicat du mécanisme moléculaire supposé ici semble être une prérogative de l'organisme vivant. Le chimiste est impuissant à effectuer des différenciations aussi subtiles par les méthodes artificielles de laboratoire. Au stade de nos connaissances, les manifestations les plus subtiles de la synthèse organique semblent être inséparablement liées avec les processus vitaux » [9].

BIBLIOGRAPHIE

[1] BAKER, R. T. *The Hardwoods of Australia and their Economics*, Sydney, 1919.

[2] BAKER, R. T., et SMITH, H. G. *A Research on the Eucalypts, especially in regard to their Essential Oils*, Sydney, 1902; 2nd ed., Sydney, 1920.

[3] *Idem. A Research on the Pines of Australia*, Sydney, 1910.

[4] CARTER, P. G., et READ, J. « An Examination of some Rhodesian Eucalyptus Oils », *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 1925, **44**, 525T.

[5] HÜCKEL, W. « Aus der Geschichte der Terpenchemie », *Naturwissenschaften*, 1942, **30**, 26.

[6] PENFOLD, A. R., et MORRISON, F. R. *J. roy. Soc. N.S.W.*, 1927, **61**, 54.

[7] READ, J. « Wizards of the Bush », *Sydney Morning Herald*, 27 et 30 avril, 1921.

[8] *Idem.* « Henry George Smith », *J. chem. Soc.*, 1925, **127**, 958.

[9] *Idem.* « A Chapter in the Chemistry of Essential Oils », *Nineteenth Streatfeild Memorial Lecture*, London, 1936.

[10] *Idem. Prelude to Chemistry*, Londres, 1936, 97, 187.

[11] *Idem. Text-book of Organic Chemistry*, Londres, 1943, 623.

[12] SIMONSEN, J. L. *J. chem. Soc.*, 1921, **119**, 1644.

[13] SMITH, H. G. « Some Chemical Characteristics of the Australian Vegetation », *Rep. Aust. Ass. Adv. Sci.*, Wellington, 1923, **16**, 201.

[14] SMITH, H. G., *et al.* « The Botanical and Chemical Characters of the Eucalypts and their Correlation », 85*th Rep. Brit. Ass.* (*Manchester:* 1915), Londres, 1916, 97.

[15] WHITE, J. *Journal of a Voyage to New South Wales with Sixty-five Plates of Non-descript Animals, Birds, Lizards, Serpents, curious Cones of Trees and other Natural Productions. By John White Esqre. Surgeon General to the Settlement*, London, 1790.

The British Association

O. J. R. HOWARTH

L'Association Britannique pour l'Avancement des Sciences a servi de modèle à bien des organisations du même ordre, dans différents pays. Le docteur Howarth, qui en a été le secrétaire pendant de nombreuses années et connaît mieux que quiconque son histoire, nous parle ici de ses origines, de ses buts, de ses progrès et de ses activités présentes. Pendant la guerre, l'Association a porté son attention vers les problèmes de réorganisation.

Les buts de la « British Association for the Advancement of Science » tels que les avaient exposés ses fondateurs, sont les suivants:

> Donner un élan plus puissant et une direction plus systématique à la recherche scientifique; favoriser les rapports des chercheurs scientifiques des diverses parties de l'Empire britannique tant entre eux qu'avec des philosophes étrangers.

Il est bon de jeter maintenant un coup d'œil sur l'histoire de l'Association; la forme de rédaction des paroles que nous venons de citer présente un intérêt historique dû à l'emploi des comparatifs — un élan *plus puissant*, une direction *plus systématique*. La fondation eût lieu en 1831. Cette époque était une période d'adaptation en Europe — adaptation à la paix après les guerres napoléoniennes, et à tous les changements, en bien ou en mal, amenés par la révolution industrielle. Dans le domaine de la science, on avait vu au siècle précédent quelques intellectuels se détourner de la spéculation pure et se diriger vers la compilation et l'interprétation des faits. Ainsi qu'il a été dit ailleurs:

> ces quelques hommes furent à l'origine d'un mouvement puissant. Lorsque l'on commença à réaliser, si vaguement que ce fût, les vastes étendues de la science, n'importe quel individu doué du pouvoir de penser put se sentir attiré: la science se rapportait à des choses visibles et tangibles, depuis les étoiles et leur cours jusqu'aux herbes du chemin, depuis la dilatation de la vapeur dans une bouilloire jusqu'à l'animal extraordinaire d'un pays lointain; et ses applications se rattachaient aux choses de la vie quotidienne.

L'ère de la spécialisation commença à poindre dès le début du dix-neuvième siècle: au cours de la première moitié de ce siècle, vingt-quatre des principales sociétés savantes de Londres furent fondées, quinze desquelles entre 1830 et 1850. Les fondateurs de la British Association déclarèrent qu'ils n'avaient aucunement l'intention d'empiéter sur les attributions de ces sociétés et, en fait, ils ne le firent pas, comme on pourra s'en rendre compte. Mais, par leur action, ils rendirent la recherche plus systématique et lui imprimèrent un élan plus vigoureux.

En ce qui concernait leurs rapports avec l'Etat et le public, les hommes de science se sentaient peu soutenus et ils l'exprimèrent sans ambages par la bouche de quelques-uns de leurs principaux représentants. Il y a toujours eu, et il y avait à cette époque, des chercheurs — et de tout premier ordre — satisfaits de recherche pure et prêts à communiquer généreusement le fruit de leurs travaux à autrui, mais en même temps peu soucieux de l'importance générale et de la portée de ces résultats. Toutefois, en 1830, une partie importante de la communauté scientifique reconnaissait qu'il existait d'autres groupes, certains disposés à apprendre ce qu'était la science, d'autres indifférents ou opposés à la science, et se rendait compte qu'il était de son devoir d'aider les premiers et de faire la guerre aux autres. Ils avaient raison: la British Association gagna bien des partisans au cours de ses premières années, mais se heurta aussi à l'indifférence et à l'hostilité.

Des savants, consternés par l'état de la science en Grande Bretagne à cette époque, portèrent leurs regards ailleurs pour y trouver de meilleures conditions et les rencontrèrent en Allemagne, pays alors en état de progression générale. Une société y avait été fondée en 1822, dont les activités s'étendaient à toutes les sciences et aux arts, et qui organisait des congrès annuels dans différentes villes, à travers le pays. C'était la Deutscher Naturforscher Versammlung. Des savants britanniques assistèrent à ces premiers congrès et s'en inspirèrent. En Grande Bretagne, les sociétés scientifiques — en dehors de Londres — moins nombreuses alors qu'elles ne le devinrent par la suite, étaient déjà prospères dans certaines régions. Sir David Brewster, éditeur, encyclopédiste, professeur et physicien, s'adressa à l'une

d'elles, la Yorkshire Philosophical Society, et demanda si la société voulait collaborer à l'organisation d'un congrès d'amis des sciences, à York, ville de situation centrale et d'accès facile, où l'on envisagerait une association permanente. La société accepta et entra en action. Ainsi naquit, le 26 septembre 1831, la British Association for the Advancement of Science, avec des buts et des coutumes si sagement définis par le groupe des pionniers de la science qui prirent part à la manifestation, qu'ils survivent encore aujourd'hui dans leurs points essentiels et ont servi de modèle à des institutions similaires, créées depuis dans divers pays. Charles Dickens a pu ridiculiser les professeurs « de l'Association Mudfog pour l'avancement de Tout »; un extraordinaire dignitaire de l'Eglise d'Angleterre a pu écrire des diatribes sur « Les Dangers de la philosophie péripatéticienne » et « La Bible défendue contre la British Association », le mouvement n'en prospéra pas moins.

En 1850, Brewster, en qualité de président de l'Association, fit un rapport sur les années précédentes et mentionna plusieurs personnes qui avaient été ou étaient encore ses partisans actifs: tous étaient d'éminents savants à leur époque et certains de ces noms sont à jamais célèbres, tels Murchison, Dalton, Buckland, Whewell, Sedgwick, Airey, Herschel, Babbage, Lubbock, Lyell, Faraday et d'autres du même ordre. L'association accomplissait son rôle de promoteur de contacts avec les philosophes étrangers, puisque des noms tels que Arago, Bessel, Struve, Liebig et Agassiz apparaissaient parmi ceux des invités à ses congrès. Conformément à son engagement de ne pas empiéter sur le terrain des autres sociétés importantes, l'Association ne tint jamais ses réunions à Londres jusqu'en 1931 où, avec l'assentiment général, elle y célébra son centenaire. Ses congrès annuels lui permirent de visiter successivement toutes les grandes villes d'Angleterre, du Pays de Galles, d'Ecosse et d'Irlande. Ces visites se font en réponse à une requête émanant des villes elles-mêmes, et elles n'ont jamais fait défaut. Les congrès ne furent jamais interrompus, sauf pendant les années de guerre 1917 et 1918 et depuis 1939. La possibilité de se déplacer au dehors des îles britanniques avait été prévue par les fondateurs, mais ce ne fut qu'en 1884 que l'Association tint son premier congrès outremer, à Montréal. Depuis lors, les congrès se tinrent trois fois au Canada (1897, 1909, 1924), deux fois en Afrique du Sud (1905, 1929), une fois en Australie (1914). « Ceux qui cultivent les sciences en diverses parties de l'Empire britannique » ont eu de cette façon les occasions de contact promises par l'Association. En 1937–38, un fait nouveau se présenta lorsque l'Indian Science Congress Association invita à son jubilée une délégation scientifique représentative, organisée par la British Association, et plusieurs d'entre nous espèrent que le cas se reproduira. L'Association, d'après ses statuts, est libre de se rendre où elle est invitée et il devrait être possible dans les années à venir, d'envoyer des délégations auprès de sociétés analogues, tant dans l'Empire qu'au dehors. Depuis ses débuts, l'Association a pour ainsi dire consacré les fonds dont elle peut disposer après avoir fait face aux dépenses inhérents à son fonctionnement, à soutenir la recherche scientifique. Ces fonds n'ont jamais été très considérables, même en ces dernières années au cours desquelles elle reçut des dons généreux de Sir Thomas Caird de Dundee (1912), spécialement destinés à la recherche, de Sir Charles Parsons (1921) et de Sir Alfred Yarrow (1926), pour les besoins généraux de l'Association. Cette aide modeste ainsi apportée à la recherche scientifique se double d'un immense travail volontaire, couvrant une vaste domaine. Deux faits méritent de retenir l'attention: l'un relatif aux nombreux cas de recherches commencées par l'Association, puis continuées par le gouvernement ou par d'autres organisations, mieux adaptées et plus capables de les financer; l'autre portant sur la possibilité de fournir des rapports sur l'« état de la science », dans n'importe quelle branche, et ceci de la façon la plus systématique, selon le but des fondateurs.

La compilation du Catalogue des Etoiles, les recherches sismologiques et sur les marées, le magnétisme terrestre, la computation de tables mathématiques, le régime des pluies en Grande Bretagne, la biologie marine, sont autant de sujets, parmi bien d'autres, sur lesquels la British Association porta ses recherches au cours des dix premières années de son existence. L'Association a d'ailleurs continué à s'occuper de quelques-unes de ces questions jusqu'à nos jours (en particulier de la sismologie et des tables mathématiques). Les travaux sur les standards électriques, entrepris en 1861, ont eu pour résultat l'établissement d'un système adopté universellement en 1908. On peut encore mentionner spécialement les recherches sur l'anthropométrie en Grande-Bretagne (depuis 1875) qui furent à la base d'autres études entreprises plus tard et furent particulièrement utiles au cours de la

FIGURE 1 – *Sir David Brewster* (1781–1868). *Physicien, éditeur, encyclopédiste et vice-chancelier de l'Université d'Edimbourg. L'un des fondateurs de la British Association.*

FIGURE 2 – *Sir Richard Gregory, Bt., F.R.S., Président actuel de l'Association.*

FIGURE 3 – *Le bureau de travail de Charles Darwin à Down House, Downe, Kent. C'est dans cette pièce que* L'origine des espèces *et plusieurs autres livres ont été écrits.*

guerre de 1914–18 lorsqu'il devint nécessaire de faire un recensement de la main d'œuvre nationale. Les études sur l'homme primitif ont toujours tenu une place prépondérante. La section de mécanique a mis sur pied plusieurs sortes de recherches pratiques; la section d'éducation a publié maints rapports basés sur des faits, relatifs à la science considérée comme matière d'enseignement. Dans le domaine économique, on a dit de source autorisée, que les travaux effectués entre 1883 et 1885 par l'Association, sur la législation des brevets, constituent une des formes d'activité les plus puissantes de son histoire. Il serait bon de rappeler ici également un autre incident se rattachant à la Section Economique et qui n'a probablement son équivalent dans l'histoire d'aucune autre société scientifique. L'Association se réunit à Belfast en 1874, à l'époque d'une grève prolongée dans l'industrie linière. La Section Economique devait recevoir un compte-rendu et des rapports dans lesquels il était fait mention, incidemment, de grèves. Des représentants des patrons et des ouvriers de l'industrie furent invités à y assister et la discussion tourna naturellement vers leur cas particulier. Les économistes présents parvinrent si bien à calmer les esprits que Tyndall, président de l'Association, put annoncer le lendemain que le conflit était réglé.

Le manque de place empêche d'étendre cette énumération, si maigre qu'elle puisse paraître lorsqu'on se souvient que les recherches effectuées sous les auspices de l'Association, au cours du siècle dernier, se chiffrent par plusieurs centaines. Cependant, avant de laisser de côté des activités de l'Association, il faut rappeler l'épisode de l'observatoire de Kew. Cette institution existait un siècle avant la fondation de l'Association et pendant un certain temps elle dépendit de la Couronne; en 1842, alors qu'elle était sur le point d'être abandonnée, l'Association la reprit et la soutint de 1843 à 1872. Au cours de cette période, elle remplit plusieurs fonctions importantes, la plus importante étant probablement celle de bureau d'essai pour les instruments magnétiques et météorologiques, les montres et divers autres instruments nécessitant un contrôle par comparaison avec des étalons. En 1872, l'observatoire passa aux mains de la Royal Society et continua ainsi jusqu'au début de ce siècle; on peut retrouver à travers l'influence, d'abord de l'Association puis de la Royal Society, les origines du célèbre National Physical Laboratory des temps présents.

La présidence de L'Association, qui compte

FIGURE 4 – *Le pistolet, le flacon à poudre, les balles, le refouloir et la clef, et la matraque, emportés par Darwin au cours de son voyage sur* The Beagle, *et confiés maintenant à la garde de la British Association.*

comme l'un des plus grands honneurs scientifiques, est décernée annuellement. On ne déroge à cette règle qu'en temps de guerre; c'est ainsi que feu Sir Arthur Evans remplit cet office en 1917–18 et que le président actuel, Sir Richard Gregory, fut nommé en 1940. Dans les débuts de L'Association, une notabilité de l'endroit où se tenait le congrès, même si elle n'appartenait pas au monde scientifique, était parfois nommée à la présidence, cette pratique correspondant à ce qu'il est convenu d'appeler l'esprit de l'époque. De plus, la famille royale prouva son intérêt pour l'Association lorsque le Prince Consort en accepta la présidence en 1859, puis le Duc de Windsor (alors Prince de Galles) en 1926; il faut noter aussi qu'en 1904, le roi Edouard VII accorda son patronage à l'Association, ce qui fut continué par ses successeurs, et que la Charte Royale d'incorporation fut accordée en 1928.

En dehors des présidents déjà nommés, la liste comprend tous les noms éminents de la science britannique de son époque — à l'exception de l'un d'eux — et l'un des plus éminents: Charles Darwin. Seule, sa mauvaise santé l'empêcha d'accepter cette charge. Il est donc d'autant plus heureux que son nom se soit trouvé mêlé à celui de l'Association. La British Association lui fournit l'une des chaires les plus en vue pour exposer ses idées, telles qu'elles le sont dans *The Origin of Species*. Il ne put prendre lui-même aucune part à ces discussions; mais ses champions, comme Hooker et Huxley, le firent avec énergie, ainsi que ses antagonistes, Owen et Wilberforce entre autres. Longtemps après, en 1927, Sir Arthur Keith, président de l'Association, passa en revue dans son discours, la position du « Darwinisme » et demanda la préservation de la maison de Darwin dans le paisible village de Downe, dans le comté de Kent, comme monument national commémoratif, sachant que la maison pouvait être achetée si l'on arrivait à recueillir les fonds. Le lendemain, il échut à l'auteur de cet article, et ce fut un moment inoubliable, d'ouvrir un télégramme de Mr (maintenant Sir) Buckston Browne, F.R.C.S., fervent admirateur de Darwin, offrant d'acheter la maison dans le même but que celui qu'avait suggéré le président. La chose fut faite: le donateur acheta aussitôt Down House, la restaura et la mit sous la garde de l'Association, avec une donation pour l'entretien, en 1929. De différents côtés affluèrent des reliques ayant appartenu à Darwin, qui sont maintenant exposées dans les salles. En particulier, le bureau dans lequel il écrivit tous ses plus célèbres ouvrages est meublé presqu'exactement comme de son temps. Ces pièces et les agréables jardins étaient ouverts au public jusqu'au début de la guerre, en 1939. Des milliers de personnes les avaient visités durant les dix années qui précédèrent, et il en sera de même après la guerre. L'inscription à la grille est ainsi rédigée: « Ici Darwin pensa et travailla pendant quarante ans, et mourut, 1881 ».

Il y eût dans le public, durant la guerre de 1914–18 et pendant quelque temps après, une certaine consternation à la vue de la science mise au service du mal. Par la suite il devint de plus en plus manifeste qu'elle était employée pour le bien, mais ce fait n'était pas et n'est toujours pas assez généralement compris. Il incombe encore à la British Association de lutter pour « une plus large compréhension des buts de la science ». En 1938, elle prit une importante décision dans cette voie. Au cours des années précédentes, les personnes responsables de l'élaboration des programmes, avaient insisté de plus en plus sur la nécessité d'y inclure des sujets d'intérêt général étendu, pour les congrès annuels, mais il fallait une direction plus systématique. Ce travail n'entrait dans les attributions d'aucune des sections qui se partageaient le travail. On créa donc une Section des Relations Sociales et Internationales des Sciences, ayant pour objet de centraliser l'attention sur les applications de la science au bien-être humain et de mettre en évidence son caractère international; car plus que toute autre branche de l'activité humaine, la science a approché de l'idéal de collaboration internationale. Du point de vue administratif, la nouvelle section était un peu différente des autres, notamment en ce qu'elle avait la possibilité d'organiser des congrès en dehors des congrès annuels généraux.

Cette possibilité a été utilisée au cours de cette guerre. Il est clair qu'il eût été impossible dans les conditions créées par la guerre d'organiser les grands congrès annuels du temps de paix. La Section a pu, cependant, organiser des réunions, simples mais fertiles en résultats, prenant comme sujet d'études les problèmes de reconstruction et d'organisation de l'après-guerre, dans lesquels la science peut fournir un appoint essentiel.

La première de ces conférences, sous le titre: « La Science et l'Ordre mondial » passa en revue toute une série de ces problèmes. Elle éveilla l'intérêt public et souleva un certain nombre de points qui demanderont à être traités plus spécialement au cours de réunions ultérieures et par des comités spéciaux.

L'évolution de la cartographie en Grande Bretagne[1]

M. N. MAC LEOD

Peu de gens restent insensibles à l'attrait d'une carte — non seulement d'une carte en couleur, mais tout aussi bien d'une carte en noir et blanc — et plus l'échelle en est grande, plus elle est attrayante. Le Général Mac Leod, qui a été pendant un certain temps Directeur Général du Service Cartographique Britannique, raconte ici l'histoire de l'évolution de la cartographie en Grande Bretagne depuis le début du dix-neuvième siècle jusqu'en 1939.

Les cartes ordinaires employées maintenant par les touristes, les automobilistes, les ingénieurs, les agents immobiliers, etc., sont relativement nouvelles dans l'histoire du monde, puisqu'elles ne datent que de la fin du dix-huitième siècle — les anciens semblent n'avoir rien eu de semblable, bien qu'ils aient possédé des cartes routières et des cartes cadastrales n'indiquant que les limites des propriétés et des champs. Les Français furent les premiers à publier une carte de leur pays dans le style moderne. Les levées de plans pour cette carte furent entreprises en 1745 — les Anglais suivirent, à la fin du siècle, avec une carte à l'échelle d'un pouce au mille (1/63.000), dont la première planche fut publiée en 1801. Cette carte fut faite dans le but d'aider l'armée dans la tâche de défendre le pays — le besoin d'une aide de ce genre s'étant fait sentir en Ecosse durant la répression de l'insurrection de 1745 — et sa publication fut placée sous la direction du Master General of Ordnance (Directeur général du service topographique) qui, en ce temps là, remplissait sensiblement les fonctions du Ministre de la Production actuel.

Au début, la carte progressa avec lenteur. Il n'y avait pas de technique officielle pour faire les levées de plans sur une si grande échelle et les soldats chargés du travail devaient inventer leurs méthodes à mesure qu'ils effectuaient le travail. Au moment où Napoléon était définitivement vaincu à Waterloo et où la défense du territoire n'était plus une question pressante, la carte d'environ la moitié de l'Angleterre était faite. Mais quelques années plus tard, un autre besoin pressant, mais d'un genre différent, se présenta — le Parlement britannique voulut essayer de régler la question Irlandaise en achetant les terres de quelques grands propriétaires et en les revendant à prix réduit aux petits propriétaires, et pour ce faire, une carte était nécessaire. La carte anglaise « d'un pouce » avait prouvé son utilité dans un cas de ce genre, mais en l'occurrence, chaque champ devait y figurer et l'échelle était trop petite. On décida alors de faire une carte de l'Irlande de six pouces au mille, bien que cela demandât trente-six fois plus de planches que la carte à un pouce. Considérant que la carte à l'échelle d'un pouce d'une partie de l'Angleterre représentant environ la surface de l'Irlande, avait pris environ vingt ans à mener à bien, cette décision était hardie. Elle s'avéra très sage. Le service cartographique, peinant toujours sur la carte à un pouce de l'Angleterre, se vit confier le travail et se montra à la hauteur de la situation. Son directeur général, Colby, accéléra la marche des travaux en employant des méthodes de fabrication en série et fit si bien qu'en l'espace de vingt années la nouvelle tâche était terminée. Cette carte fut si utile, non seulement pour les achats de terrains, mais aussi dans nombre d'autres cas, que le public réclama aussitôt une carte semblable de la Grande Bretagne. Le travail fut entrepris aussitôt, mais on remarqua bientôt qui si une carte à l'échelle de six pouces au mille était suffisante pour l'Irlande agricole, une carte beaucoup plus détaillée s'imposait pour l'Angleterre industrielle. Il fut malheureusement presque impossible d'obtenir un accord sur le choix de la nouvelle échelle et près de quinze années de controverse s'ensuivirent avant que le Gouvernement ne prisse une autre décision hardie en faveur d'une carte de la Grande Bretagne (sauf quelques régions montagneuses peu peuplées) à l'échelle de 1/2.500, un peu plus de vingt-cinq pouces au mille.

[1]Les cartes pp. 65 et 66 sont reproduites des Ordnance Survey Maps par autorisation du Directeur de H.M. Stationery Office.

The Road from
LONDON to SOUTHAMPTON

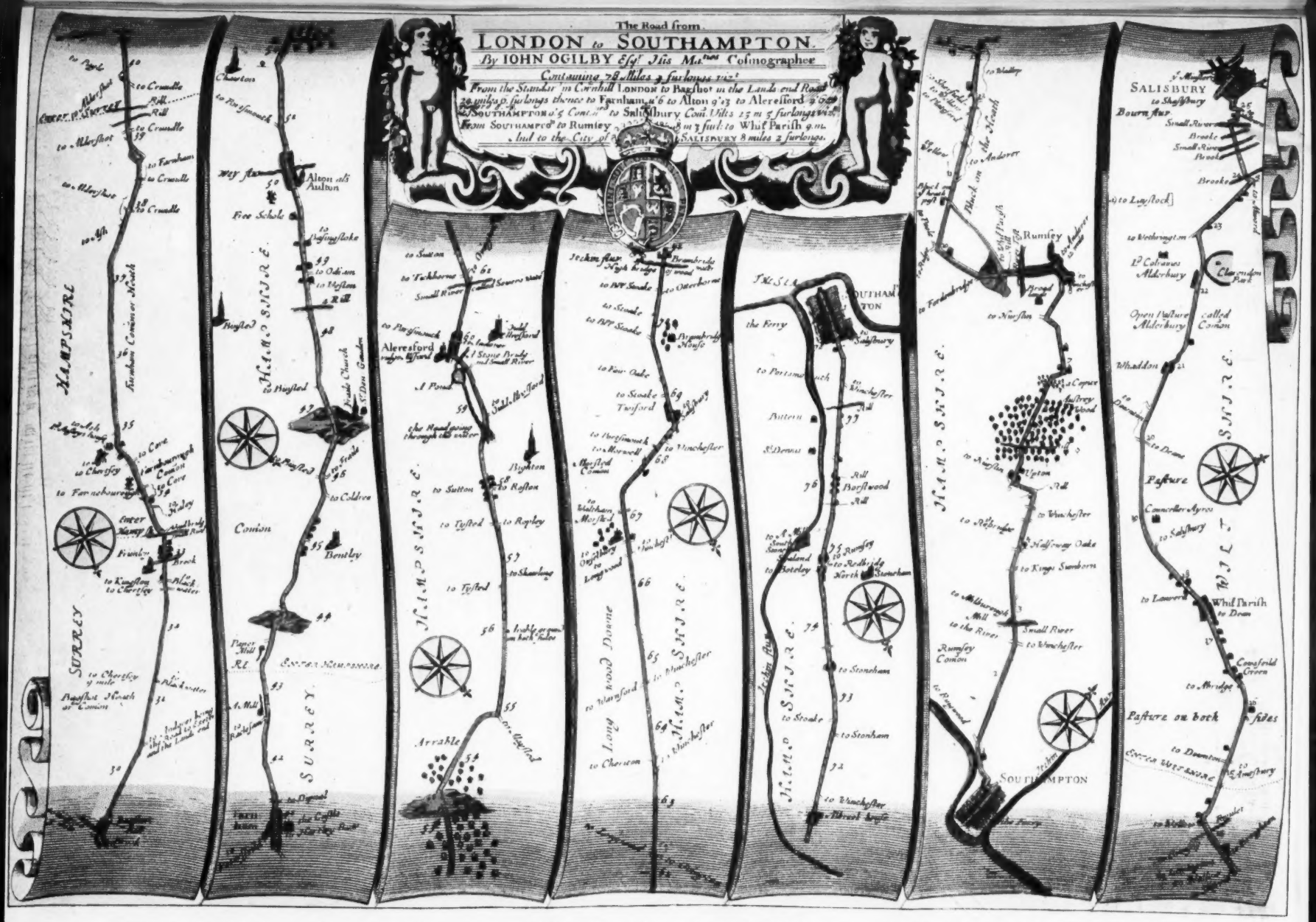


FIGURE 1 – *Exemple d'une ancienne carte routière, extraite du «Ogilby's Road Map of England», publié en 1655. L'original appartient à M. Alexander Duckham.*

FIGURE 2 – *Partie d'une carte l'Angleterre, datant du quatorzième siècle. L'original se trouve à la Bodleian Library.*

130

9

6

6

12

12

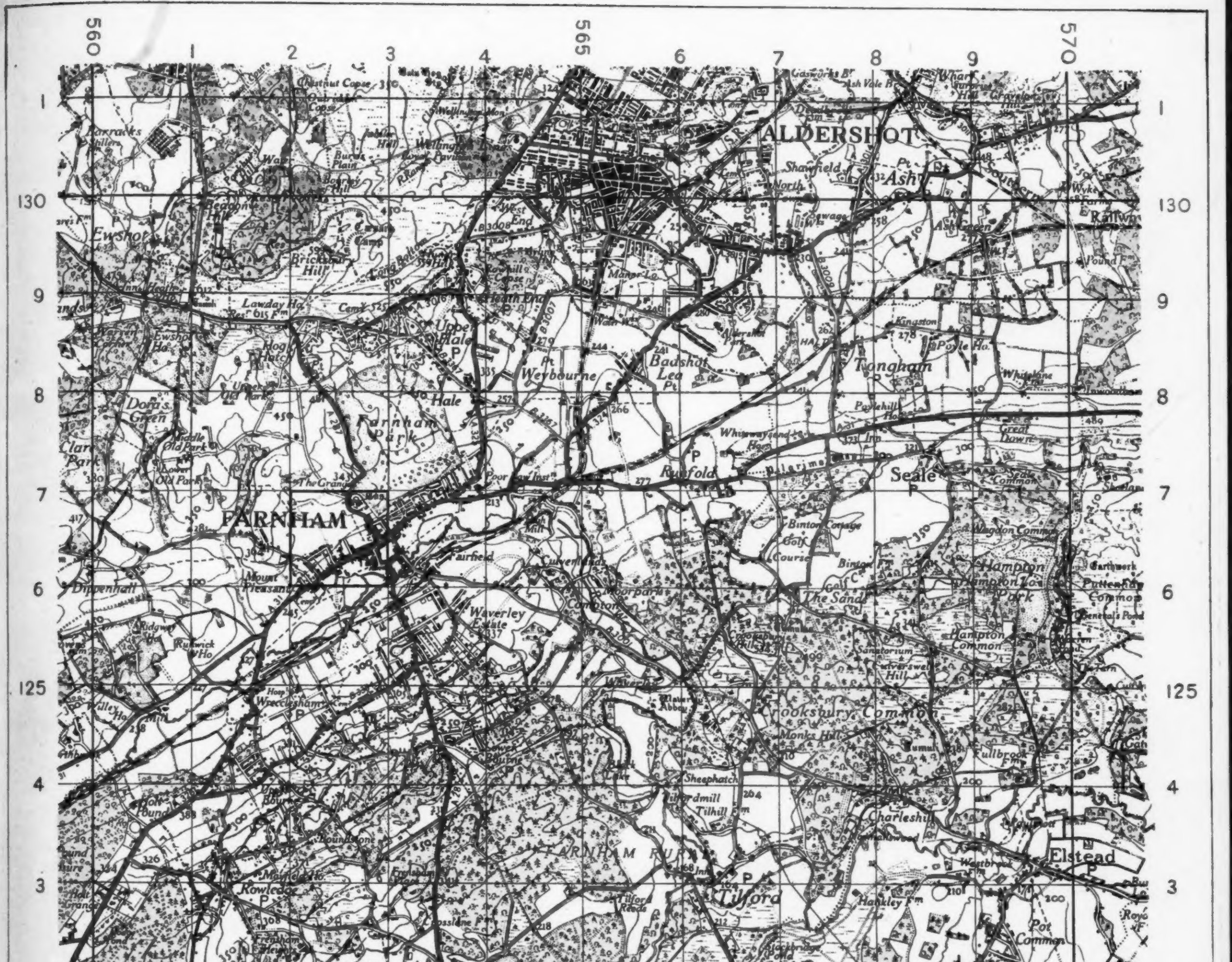


FIGURE 3 – *Extrait de la dernière édition avec grille d'une carte d'Etat-Major à 1/63.000 (un pouce = un mille).*

FIGURE 4 – *Une partie de la région montrée sur la figure 3, telle qu'elle apparaît sur la première édition (gravée) de la carte d'Etat-Major à 1/63.000 de la Grande Bretagne.*

FIGURE 5 – *Une fraction de la même région sur une carte moderne à grille à 1/2.500.*

Ceci représentait une tâche prodigieuse, nécessitant plus de 50.000 planches, sans compter les 10.000 planches de la carte à six pouces qui devait être publiée aussi. Aucun autre pays jusqu'à présent n'a rien entrepris de semblable.

Cinquante années seulement se sont écoulées depuis l'achèvement de la carte de la Grande Bretagne à vingt-cinq pouces, et un demi siècle ne compte guère dans la vie d'une nation. Il est certain que le pays tire de grands avantages de cette carte et il est probable aussi qu'en gagnant de l'expérience il en tirera plus encore. On trouve constamment de nouveaux usages pour de bonnes cartes dignes de confiance; mais il devient de plus en plus évident que la pleine valeur d'une carte ne s'obtient que lorsque celle-ci fait partie d'un système cartographique bien établi, comprenant divers types de cartes à des échelles différentes mais liées entre elles par des rapports simples de telle sorte que tout projet ou opération puisse être étudié en gros sur des cartes à petite échelle, et les différentes parties séparément, sur des cartes à plus grande échelle, montrant le terrain plus en détails. Les cartes britanniques n'étaient évidemment pas destinées à cet usage, mais certains changements prévus au moment où la guerre a commencé, et qui seront certainement mis à exécution aussitôt que la paix sera signée, les amélioreront de ce point de vue. Il faut mentionner au nombre de ces changements, l'addition d'une « grille », dispositif cartographique inventé au cours de la dernière guerre, et dont l'objet est de permettre la définition de la position de points et de lieux qui ne sont pas nommés sur la carte. Une grille cartographique est en effet une représentation graphique des coordonnées rectangulaires employées par les mathématiciens pour définir la position de points sur une surface plane, et elle figure sur les cartes sous forme d'un quadrillé, chaque carré pouvant être désigné par un nombre appelé « référence cartographique ». En dehors de ses autres applications, une grille facilite beaucoup la comparaison de cartes d'une même région à des échelles différentes.

L'addition d'une grille n'était pas la seule amélioration envisagée pour les cartes britanniques, mais c'était probablement la plus intéressante. On envisageait également le réarrangement des planches des cartes au 1/2.500 et à six pouces, d'une façon plus pratique, et l'on devait profiter de l'occasion pour les réviser. Les raisons qui poussaient à entreprendre cette révision sont trop techniques pour entrer dans le cadre de cet exposé, mais le fait que des cartes aussi excellentes aient eu besoin de révision cinquante ans seulement après leur parution vient nous rappeler utilement qu'il n'y a rien de définitif en cartographie. L'homme et la nature modifient continuellement l'aspect du pays, et une carte de premier ordre doit enregistrer ces changements sans délai excessif. En Grande Bretagne, on se rendit compte de la nécessité d'une révision périodique bien avant d'avoir terminé les premières levées de plans, et il fut décidé en 1882 de publier des plans révisés tous les vingt ans. Cette révision ne commença réellement qu'en 1896 et fut menée comté par comté, en rotation. La périodicité de vingt années fut maintenue et sembla suffisante jusqu'au début de la guerre de 1914, au cours de laquelle le travail de révision fut inévitablement restreint. Lorsque la paix fut rétablie, le développement de l'automobile déclancha une campagne de construction de routes et de maisons qui amena des changements si rapides et profonds dans la physionomie de la campagne que les révisions se virent lamentablement distancer. Les cartes anglaises auxquelles bien des gens avaient pris l'habitude de se fier, devenues périmées, causèrent bientôt de grands inconvénients, et lorsque le Parlement vota des lois telles que la loi sur les logements et la suppression des taudis de 1930, et la loi financière de 1931, qui taxait les valeurs foncières, les choses prirent presque une tournure de crise puisque des lois de cet ordre peuvent difficilement être appliquées sans cartes parfaitement à jour. Le Gouvernement décida de prendre les mesures nécessaires et, sur l'avis d'un Comité présidé par le vicomte Davidson, approuva un certain nombre de mesures qui, en leur temps, auraient rendu aux cartes britanniques, quelque chose de mieux encore que leur ancien degré d'excellence. La déclaration de guerre en 1939 empêcha de nouveau l'exécution des plans, mais l'épisode avait servi à démontrer deux choses: d'une part, que les cartes bien faites et exactes sont devenues à l'époque actuelle non plus seulement des objets de commodité, mais des instruments indispensables à la conduite ordonnée et effective des affaires, en temps de paix tout aussi bien qu'en temps de guerre — d'autre part que, même avec l'aide des procédés techniques les plus récents, comme la photographie aérienne, la cartographie est une opération lente que ni les Actes de Parlement, ni les donations, si larges soient-elles, ne peuvent accélérer subitement ou indéfiniment.

Progrès récents dans la mesure des constantes atomiques

H. R. ROBINSON

La masse absolue des atomes est connue aujourd'hui avec une précision de 1 pour 4.000 ou 5.000. Le Professeur Robinson explique dans cet article comment on est parvenu à effectuer des mesures d'une telle précision, et expose rapidement les étapes successives, depuis le travail de pionnier de Sir J. J. Thomson jusqu'aux données récentes fournies par les tout derniers types de spectrographes de masse.

Voici un passage extrait des *Scientific Dialogues* du Révérend Jeremiah Joyce, édition de 1850:

> *Emma:* Je me souviens, papa, que vous nous avez dit quelque chose d'étrange sur la divisibilité de la matière, qui pourrait être poussée indéfiniment.
>
> *Le père:* J'ai en effet abordé ce sujet il y a quelques temps, et le moment me paraît particulièrement bien choisi pour l'expliquer.
>
> *Charles:* La matière peut-elle vraiment être divisée indéfiniment?
>
> *Le père:* Aussi difficile que cela puisse paraître à première vue, je pense qu'il est possible d'en donner la preuve. Pouvez-vous imaginer une particule de matière si petite qu'elle n'ait ni face supérieure ni face inférieure?

Charles voit immédiatement à quoi tend cette question, et arrive à la conclusion que la matière *doit* être divisible indéfiniment. Le père approuve: « Ta conclusion est juste ».

Dans une édition ultérieure (1875) révisée par des « hommes de science éminents » et « amenée jusqu'au stade actuel de la Science », tout ce qui vient d'être cité ici, y compris l'approbation par son père de la conclusion tirée par Charles, est reproduit sans altération, mais avec l'addition d'un correctif très prudent disant que la plupart des physiciens adoptent maintenant la théorie atomique de la matière, « bien que ce soit peut-être une question impossible à résoudre de façon satisfaisante ».

Cette citation n'a pas été faite ici dans l'intention peu louable de tourner facilement en ridicule un manuel aujourd'hui vieilli, de science élémentaire. Les *Dialogues* de Joyce, tout comme les célèbres *Conversations* de Mme Marcet, étaient à leur époque, et pour leur époque, un excellent ouvrage élémentaire de vulgarisation scientifique. Cet extrait est simplement destiné à rappeler à quel point notre attitude vis-à-vis de la théorie atomique s'est modifiée au cours des soixante-dix dernières années. En dépit des contributions de Dalton, de Gay-Lussac et d'Avogadro au début du XIXème siècle, ce n'est que vers la fin de ce siècle que l'on reconnut définitivement que la théorie atomique de Dalton était plus qu'une hypothèse de travail commode et fertile. Si l'on publiait aujourd'hui une nouvelle édition des *Dialogues*, Papa considèrerait certainement la « réalité » des atomes et des molécules comme un axiome, et (s'il pouvait les empêcher d'invoquer les statistiques de Fermi-Dirac) il donnerait probablement à ses enfants, à tout le moins un compte-rendu simplifié du travail d'Aston sur les masses isotopiques.

La première donnée connue avec précision fut la valeur moyenne de la vitesse moléculaire dans un gaz; il y a plus de 90 ans que ce génie remarquable qu'était J. P. Joule, établit une formule permettant d'exprimer approximativement la pression, pour un gaz donné, en fonction de la densité du gaz et du carré de la vitesse moléculaire moyenne. Peu après, Clausius trouva une formule plus exacte dans laquelle la moyenne du carré de la vitesse remplaçait le carré de la vitesse moyenne, et depuis que Clerk Maxwell découvrit en 1859 la loi de la répartition des vitesses moléculaires, nous connaissons exactement la proportion entre ces deux moyennes, et même pour quelle fraction des molécules d'un gaz donné les vitesses se trouvent comprises, pour une température donnée, entre deux limites données.

Je n'ai connaissance d'aucun travail expérimental sur les vitesses moléculaires qui soit antérieur à celui de Cantor, effectué à Strasbourg en 1897. Cantor mesura la différence entre les poussées exercées sur deux surfaces égales, l'une de verre, l'autre de cuivre, suspendues dans une atmosphère de chlore. Comme la surface de

cuivre retient un peu du chlore pour former un chlorure, le nombre des molécules qui rebondissent sur elle est plus petit que pour la surface de verre, et la pression est proportionnellement plus basse. La mesure de la différence, et la connaissance du poids de chlore retenu par la surface de cuivre (obtenue par pesée de la plaque à intervalles de quelques minutes), conduit très simplement à la déduction de la moyenne du carré de la vitesse moléculaire. Tout ce que l'on peut dire des résultats obtenus par Cantor est qu'ils sont de l'ordre de grandeur prévu par la théorie cinétique.

La théorie cinétique des gaz, combinée avec des données provenant d'autres branches de la physique, nous a également fourni notre plus ancienne estimation de la masse et de la grosseur d'une molécule individuelle — bien qu'aucun physicien, même le plus naïf, ait jamais pu imaginer qu'il avait une idée très claire de la « grosseur » d'une molécule. Dans l'ensemble, cependant, les hommes de science de l'époque victorienne avaient beaucoup de raisons d'être satisfaits de l'état de cette branche de la science. L'on savait que la méthode originale de Loschmidt donnait les limites supérieures pour la masse et le volume, et que d'autres méthodes, basées sur des théories simples de l'action diélectrique, fournissaient les limites inférieures. Le rapport de la limite supérieure à la limite inférieure variait quelque peu d'un gaz à un autre, mais 80 donne une assez bonne idée de sa valeur; de plus, un argument légèrement plus poussé, utilisant la constante *b* de l'équation de van der Waals, partageait très nettement la différence entre les deux valeurs extrêmes, si bien que l'on pouvait dire que l'on connaissait certainement l'ordre de grandeur des masses moléculaires, et ceci avec une approximation de 50 à 100 pour cent. Il n'y avait cependant rien qui montrât si l'objet des calculs était une masse moléculaire déterminée ou simplement une valeur moyenne, correspondant à un groupe de nombreuses particules dont les masses individuelles pourraient varier continuellement ou non, dans des limites relativement larges. Des expériences de diffusion auraient pu révéler une dispersion importante des masses individuelles mais il n'existait au siècle dernier aucune technique expérimentale permettant de déceler un faible pourcentage de dispersion.

Sir J. J. Thomson

Nous connaissons maintenant les masses des atomes individuels avec un degré de précision qui aurait semblé impossible à atteindre il y a cinquante ans, et nous connaissons la nature de la variation des masses, elle est en fait discontinue. Les premiers pas vers cet étonnant progrès ont été faits au Laboratoire Cavendish, par J. J. Thomson et le groupe de physiciens remarquables qu'il attira à Cambridge. Thomson mesura, en 1897, presque en même temps que Wiechert à Berlin et Kaufmann à Königsberg, mais indépendemment d'eux, la charge spécifique des électrons négatifs dans un tube à décharge; il fit la déduction correcte que les électrons ont une masse beaucoup moins grande que les atomes les plus légers, et montra qu'ils étaient les constituants de toute matière. Peu après, J. S. Townsend prouva, par une série d'expériences brillamment conçues et exécutées, que la charge électronique, *e*, était de même grandeur que la charge d'un ion électrolytique monovalent. Ensuite, Townsend, Thomson et H. A. Wilson firent, chacun de son côté, des déterminations de la charge électronique, en utilisant des méthodes élaborées dans ce même laboratoire par C. T. R. Wilson dans son travail sur la condensation en brouillard.

A partir de ce moment — c'est-à-dire depuis le début de ce siècle environ — il n'y a plus eu de doutes sur l'atomicité de l'électricité, et (si nous

laissons de côté momentanément l'isotopie) la précision de nos connaissances sur les masses atomiques individuelles a été limitée seulement par l'incertitude sur la valeur exacte de *e*. La dérivation des masses est très simple et directe, car depuis le travail de Faraday (1833) nous avons toujours eu les moyens de connaître exactement le rapport de la masse à la charge pour des atomes transportés électrolytiquement en bloc; il est donné simplement par le poids atomique des éléments considérés, à l'échelle ordinaire, divisé par la valence et par la constante électrolytique de Faraday. D'après le Professeur Raymond T. Birge, qui en sait plus sur ce sujet que presque tous les autres réunis, on connaît ce rapport global masse/charge avec une approximation de 1 pour 10.000. Nous avons la masse d'un seul atome en multipliant le rapport global par la charge transportée par un seul ion, qui est $n \times e$ pour des éléments *n*-valents.

Les premières mesures de *e* faites à Cambridge étaient sujettes à des erreurs relativement considérables, et c'est à deux physiciens américains, R. A. Millikan et A. H. Compton, que nous devons principalement de connaître infiniment mieux cette constante. Millikan utilisa de fines gouttes d'huile au lieu des brouillards employés par Thomson et Wilson; de cette façon, au lieu d'avoir à faire des observations hâtives sur la face supérieure d'un brouillard disparaissant rapidement, il pouvait effectuer des mesures prolongées sur le comportement, dans des conditions exactement contrôlées, d'une goutte presque parfaitement stable. Il fit une étude détaillée des sources d'erreur possibles et l'on considérait généralement que ses résultats, publiés en 1917, étaient corrects à 1 pour 1.000. La remarquable précision du travail de Millikan a été confirmée par des expériences à la goutte d'huile faites par la suite, notamment celles qui ont été faites tout récemment par Laby et Hopper à Melbourne (1941). Il est cependant évident maintenant que la valeur finale de *e* trouvée par Millikan, comportait une erreur de 7 pour 1.000 environ, cette erreur étant due surtout, non pas à des inexactitudes dans les expériences de Millikan lui-même, mais à l'adoption dans le calcul du résultat, d'une valeur incorrecte de la viscosité de l'air.

F. W. Aston, F.R.S.

La méthode de Millikan était essentiellement un développement et un perfectionnement (ces deux termes ne sont pas nécessairement synonymes en science expérimentale) des expériences antérieures effectuées à Cambridge, tandis que Compton s'était engagé sur un terrain entièrement neuf. Compton fut le premier à se rendre compte de la possibilité d'utiliser, dans des conditions convenables, un réseau ordinaire pour la spectroscopie aux rayons X, et de mesurer ainsi absolument les longueurs d'ondes. Ces mesures, conjuguées avec les mesures des angles de réflexion de ces mêmes rayons X par les faces d'un cristal, permettent d'une façon très simple de déterminer la valeur de *e*. Il était déjà possible d'obtenir des mesures précises de cristaux lorsque Compton et Doan réussirent pour la première fois, en 1925, à obtenir des spectres de réseaux aux rayons X. Les premiers résultats, qui ne prétendaient pas à une grande précision, étaient relativement d'accord avec la valeur de *e* trouvée par Millikan. Un travail ultérieur, dans lequel la précision avait été poussée à un degré presque comparable à celui que Siegbahn et son école avaient obtenu à Lund et à Upsal, pour la spectroscopie cristalline, conduisit à une valeur de *e* qui est généralement acceptée comme correcte avec une approximation de 1 pour 4.000 ou 1 pour 5.000. Cette valeur est $4{,}802_5 \times 10^{-10}$ unités électrostatiques absolues; la valeur donnée par Millikan était $4{,}770 \times 10^{-10}$, et la différence

entre les deux s'explique dans une très large mesure à la lumière d'un travail récent sur la viscosité de l'air. La théorie de la méthode aux rayons X a été très soigneusement vérifiée, avec des résultats satisfaisants, et la valeur de *e* a été confirmée d'une manière élégante mais moins directe, par les expériences de réfraction des rayons X de J. A. Bearden. Il y a donc des raisons exceptionnellement valables de croire à l'exactitude de nos connaissances sur la charge électronique et, par conséquent, sur les masses atomiques.

Mais l'histoire ne peut être complète si l'on néglige un autre domaine de recherche qui a été intensément exploité au Laboratoire Cavendish. Au début de ce siècle J. J. Thomson mit au point sa célèbre méthode des « paraboles » pour l'étude des rayons positifs découverts en 1886 par Goldstein. Dans cette méthode, les atomes chargés électriquement sont déviés par des champs électriques et magnétiques parallèles, et tombent finalement sur une plaque photographique. Pour une charge donnée, les atomes d'une masse donnée laissent une trace parabolique sur la plaque; si les masses des atomes variaient de façon continue entre certaines limites, la trace s'élargirait de façon correspondante. En fait, compte tenu de l'élargissement inévitable dû à la géométrie de l'appareil, il n'existe aucune manifestation de variations de cette sorte. Mais, en 1912, Thomson découvrit le fait remarquable que le néon donnait deux paraboles distinctes, très proches l'une de l'autre — faisant supposer que les atomes de néon appartenaient à deux groupes, correspondant à deux masses distinctes et bien déterminées; les atomes de chacun de ces groupes étant indiscutablement du néon. Cette idée fut vérifiée par la suite, et quelques années plus tard on trouva même un troisième groupe, ce qui montre l'existence de trois sortes d'atomes de néon.

La photographie des paraboles du néon par Thomson fut la première indication nette de l'existence d'isotopes sans radio-activité. Elle fut le point de départ d'une longue succession de recherches qui ont montré que, pour la plupart des éléments, les atomes n'ont pas tous des masses identiques; ils peuvent, cependant, être séparés en groupes[1] — généralement peu nombreux et bien définis — de particules identiques.

Nos connaissances sur ces matières sont dues principalement au travail de F. W. Aston à Cambridge. Suivant une voie indiquée par les paraboles de Thomson, Aston commença aussitôt à séparer par diffusion un échantillon de gaz néon pur en différents composants identifiables. Plus tard, il utilisa la méthode plus puissante de séparation des rayons positifs par les champs électriques et magnétiques. Son premier spectrographe de masse (un instrument célèbre appartenant aujourd'hui au Musée scientifique de South Kensington) constituait un instrument de recherche infiniment plus puissant que l'appareil à paraboles. En 1919 il était prêt à fonctionner et Aston confirma aussitôt les résultats de Thomson sur le néon et montra que d'autres éléments étaient des mélanges d'isotopes.

Depuis 1919 on a étudié à fond les isotopes des éléments chimiques; Aston fit la majeure partie du travail, d'abord avec son spectrographe de masse original, et plus tard avec des appareils plus perfectionnés, construits selon le même principe. Plus récemment d'autres chercheurs — notamment Dempster (l'un des premiers pionniers de l'analyse des rayons positifs), Bainbridge, Jordan, et Nier aux Etats-Unis et Mattauch à Vienne — ont construit et utilisé d'autres types d'appareils qui ont donné des résultats remarquables. Nombre d'autres chercheurs sont apparus dans ce domaine pendant les deux ou trois années précédant la guerre actuelle, et nous possédons maintenant une énorme quantité de connaissances précises et détaillées sur les masses et les proportions relatives des isotopes. Une précision de 1 pour 100.000 dans la mesure des masses relatives est chose courante, et l'on prétend qu'elle atteindrait 1 pour un million avec le dernier appareil de Jordan annoncé en 1940. Les connaissances ainsi acquises se sont montrées très précieuses dans des domaines variés. C'est grâce à elles et à la précision avec laquelle l'on a pu mesurer *e*, que nous pouvons affirmer aujourd'hui que nous connaissons les masses absolues des atomes individuels avec une approximation de 1 pour 4.000 ou 1 pour 5.000, c'est-à-dire avec presque autant d'exactitude que pour une constante établie depuis tant de temps que l'équivalent mécanique de la chaleur. La masse du plus léger atome connu est $1{,}6734 \times 10^{-24}$ grammes.

Cet exposé rapide a porté surtout sur un seul aspect des propriétés des molécules et des atomes individuels — c'est-à-dire sur une très petite fraction des connaissances qui ont été acquises au cours des quarante-cinq dernières années.

[1] L'étain par exemple, qui est exceptionnellement complexe, possède dix isotopes, allant de 112 à 124 unités de masse atomique, avec une moyenne pondérée de 118,70.

Progrès réalisés dans l'étude scientifique du caoutchouc

E. H. FARMER

Le caoutchouc, par suite de son poids moléculaire énorme (env. 350.000), est une substance difficile à étudier au point de vue chimique. La molécule est si longue et si contournée, que, seules, des molécules petites et mobiles peuvent réagir rapidement et complètement avec elle. Toutefois, le Dr Farmer nous montre qu'il possède une souplesse chimique latente, susceptible d'augmenter son intérêt industriel.

La découverte, en 1839, de la possibilité de vulcaniser le caoutchouc par simple chauffage avec du soufre, et d'obtenir ainsi au lieu d'une matière collante, déformable et légèrement élastique, un produit non-collant, dont l'élasticité, la résistance à la tension et la stabilité à l'air étaient extrêmement accrues, devint la base de l'industrie moderne du caoutchouc. Le caoutchouc, tel que le connaissent la plupart des gens d'aujourd'hui, est du caoutchouc vulcanisé, ce qui signifie que les articles d'emploi courant sont composés, non pas d'hydrocarbure caoutchouc, mais d'une modification chimique du produit. Et de là, la question: la vulcanisation est-elle la seule transformation chimique intéressante du caoutchouc, ou bien existe-t-il d'autres procédés chimiques qui fourniraient de nouvelles séries de produits chimiques ayant chacun des propriétés physiques particulières les rendant propres à des usages industriels spéciaux? Au cours des quinze ou vingt dernières années on a fait quelques essais empiriques pour répondre à cette question, mais on ne sera complètement renseigné que lorsque les propriétés fondamentales de l'hydrocarbure caoutchouc auront été étudiées d'une façon systématique.

IMPORTANCE DE LA STRUCTURE DE LA MOLÉCULE DU CAOUTCHOUC

Pickles ayant démontré que le caoutchouc était constitué par une succession de groupes isoprènes, $-CH_2{\cdot}C(CH_3) = CH{\cdot}CH_2-$, liés bout à bout, il revint à Staudinger d'évaluer le nombre moyen par molécule d'hydrocarbure. Son estimation d'environ 2.200 a été révisée par Gee qui [13], après de minutieuses recherches, l'a évaluée à environ 5.000 (poids moléculaire: 350.000). L'extrême longueur de molécule qu'indique ce chiffre, cause un certain embarras au chimiste qui doit faire réagir ces molécules en masse. Considérée du point de vue de la théorie organique classique, on voit que chaque molécule contient dans sa chaîne une moyenne de 20.000 atomes de carbon (non-comptés ceux qui appartiennent à des groupements méthyle); elle présente une capacité innée de rotation libre autour de chacune de ses 15.000 liaisons C–C; de plus, elle présente une configuration fixe *cis* pour chacune de ses 5.000 doubles liaisons. On peut se faire une idée de la dimension et de la forme moléculaire que cela représente d'après la figure 1 [18] qui montre une molécule paraffinique saturée présentant une chaîne dont la longueur est environ 1/20 de celle du caoutchouc et sans des complications de configuration provenant des liaisons *cis* successives.

COMBINAISON DU CAOUTCHOUC AVEC DE PETITES ET AVEC DE GROSSES MOLÉCULES

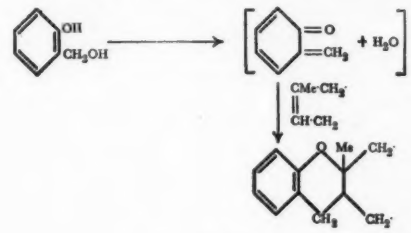
Il n'y a aucune difficulté pratique à amener une réaction *complète* et rapide entre toutes les chaînes du caoutchouc et des molécules mobiles de certains réactifs, l'acide chlorhydrique par exemple. D'autre part, si la molécule du réactif est très grosse, ou bien si elle est attachée à la surface massive d'un catalyseur, le problème de contact physique devient difficile. Ce fait est clairement mis en évidence dans l'hydrogénation catalytique et dans la combinaison avec des résines phénol-formaldéhydiques. Les difficultés de contact peuvent être surmontées de façons très différentes dans ces deux cas.

L'hydrogénation du caoutchouc par l'action de l'hydrogène en présence d'un catalyseur a attiré l'attention de nombreux chimistes. En pratique, l'hydrogénation était extrêmement difficile; au début, tous les chercheurs pensèrent que la difficulté provenait de l'empoisonnement du catalyseur

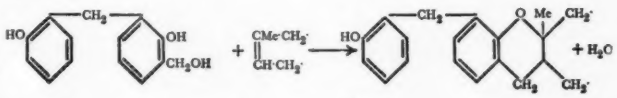
par les impuretés du caoutchouc et qu'elle serait éliminée par une purification très poussée (et généralement très nuisible) du caoutchouc. Staudinger surmonta partiellement la difficulté d'hydrogénation en opérant à une température élevée, avec une pression d'hydrogène assez forte, d'énormes quantités de catalyseur et une durée de réaction très prolongée. Dans ces conditions, la réaction se produit, mais il se produit aussi des modifications importantes dues au cracking et à la cyclisation. On a trouvé maintenant qu'il est possible de réduire fortement la quantité de catalyseur et le temps de réaction nécessaire pour obtenir une hydrogénation complète, tout en diminuant aussi la pression de réaction à environ 15–20 atm. Ce résultat est obtenu en maintenant la température de réaction entre certaines limites assez rapprochées, et par l'emploi d'un catalyseur au nickel sur support [11]. Le facteur le plus critique est la température; bien qu'une température relativement haute soit nécessaire (170–195° C) pour provoquer l'agitation thermique assez violente des chaînes de caoutchouc qui permet d'assurer le contact effectif, en un temps raisonnable, de tous les groupes éthyléniques avec la surface du catalyseur, une température trop élevée cause non seulement le cracking et la cyclisation, mais probablement aussi la recombinaison des produits de dégradation thermique. Les produits d'hydrogénation non craqués sont des solides semblables au caoutchouc, résistant à l'oxydation et présentant de l'élasticité pour des températures relativement plus basses que le caoutchouc. D'autre part, les produits d'hydrogénation fortement craqués sont des semi-solides (*voir* figure 2).

LE CAOUTCHOUC DANS LES RÉSINES

Un procédé non encore décrit, destiné à amener en combinaison chimique le caoutchouc et de grosses molécules, consiste à construire ces dernières sur le caoutchouc lui-même. Cette opération a été effectuée dans le cas de résines phénol-formaldéhyde en unissant des produits de condensation phénol-formaldéhydiques très simples (« Novolaks ») à quelques-uns des groupes éthyléniques du caoutchouc et en unissant latéralement les parties résineuses du produit. On peut obtenir des « Novolaks » dans ces conditions, en présence du caoutchouc, en employant un catalyseur acide, mais seuls les groupes à noyau aromatique contenant un groupe $\cdot CH_2OH$ en position ortho par rapport à un groupement phénolique $\cdot OH$ peuvent être unis directement au caoutchouc [4]. Cette union se fait très facilement à une température modérée et entraîne la formation d'un anneau chromanique à chaque point de jonction, comme cela se produit dans le cas de la saligénine et de l'ortho-ortho-disaligénine dans les équations (*a*) et (*b*). La résine caoutchouc



(*a*)



(*b*)

« Novolak » sèche peut ensuite être pulvérisée avec de l'hexaméthylènetétramine et employée comme composant résineux de poudres à mouler ou pour l'imprégnation de textiles et de papier. Le durcissement se produit lorsque le mélange est chauffé puis refroidi. Dans la pratique industrielle, on emploie un caoutchouc légèrement oxydé (« Rubbone » commercial) au lieu de caoutchouc brut, de façon à assurer la compatibilité de tous les ingrédients qui entrent dans la composition de la résine.

Cette résine possède une propriété unique parmi les résines du type « Bakelite », celle de présenter une certaine thermoplasticité après que la prise thermique normale a eu lieu. Cette propriété des plus précieuses permet de courber et de rouler les feuilles de résine après chauffage entre 120–130° C (*voir* figure 4). La réaction d'addition principale se produisant entre la saligénine, la di-saligénine, etc., et le caoutchouc, semble s'appliquer à un grand nombre de substances oléfiniques et non pas uniquement au caoutchouc.

IMPORTANCE DES RADICAUX

Le caoutchouc est une substance polyoléfinique, d'où sa propriété de former avec certains réactifs des composés d'addition aux doubles liaisons. On sait maintenant que ceci ne représente qu'un de ses modes de réaction. Il ne faut pas oublier que, grâce à son caractère d'hydrocarbure et à sa

solubilité relativement faible, le caoutchouc est presque toujours amené en réaction sous forme solide ou bien en solution dans des hydrocarbures. Dans les deux cas, les groupes éthyléniques, pour ainsi dire non-polaires, se trouvent dans un milieu non-ionisant. Dans ces circonstances, la réactivité ionique n'est pas favorisée, et, à sa place, apparaît une forte tendence vers un autre genre de réactivité, la réactivité *radicale*, dans laquelle ce ne sont pas les ions chargés électriquement qui entrent en jeu, mais des radicaux et des molécules neutres. La capacité de la molécule de caoutchouc de laisser quelques-uns de ses atomes d'hydrogène être déplacés ou détachés par les réactifs qu'elle rencontre, est à la base de ce comportement. Ce qui se produit ensuite dépend des circonstances, mais le résultat immédiat est que le caoutchouc présente une haute réactivité, bien que les mécanismes de réaction soient souvent compliqués.

On a acquis un grand nombre de données sur la réactivité des radicaux du caoutchouc, grâce aux recherches sur l'oxydation [10], [12], processus qui se produit suffisamment facilement pour causer la dégénération graduelle du caoutchouc, lorsque celui-ci est exposé à l'air, en lumière vive, sans protection chimique. On a naturellement étudié très soigneusement la manière dont se produit cette oxydation, de façon à pouvoir prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter cette détérioration. Il y a beaucoup trop de groupes dans une chaîne de caoutchouc pour que le chimiste puisse dire ce qui arrive à l'un d'entre eux au cours d'une réaction, et la tâche n'est pas facilitée par le fait que les groupes qui réussissent à réagir peuvent être distribués au hasard, le long de la chaîne, et n'atteignent pas forcément le même degré de réaction en même temps. Pour cette raison il est, en général, préférable pour déterminer la marche d'une réaction entre le caoutchouc et un réactif donné, de faire des expériences préliminaires avec des caoutchoucs à un, deux ou six groupes, que l'on peut heureusement se procurer, et de comparer ensuite ces résultats avec ceux que l'on obtient avec le caoutchouc lui-même. De telles expériences montrent que les groupes du caoutchouc absorbent l'oxygène pour former des groupes hydroperoxydés qui se rattachent à la chaîne, à l'un ou à l'autre des trois atomes de **C** marqués en caractères gras dans $\cdot\mathbf{CH_2}\cdot C(CH_3)$: $\mathbf{CH}\cdot\mathbf{CH_2}$. Si l'on prend l'un des trois atomes de **C** comme exemple (le plus plausible), cela signifie que: un groupement qui réagit avec une molécule d'oxygène passe, à la faveur d'un certain mécanisme, par les stades (*a*), (*b*) et (*c*); les astérisques indiquent, dans les formules, les centres des radicaux:

$$\cdot\underset{\underset{\mathbf{H}}{|}}{CH}\cdot C(CH_3) : CH\cdot CH_2\cdot \xrightarrow{(a)} \cdot\underset{*}{CH}\cdot C(CH_3) : CH\cdot CH_2\cdot \xrightarrow{(b)}$$

$$\cdot\underset{\underset{O\cdot O^*}{|}}{CH}\cdot C(CH_3):CH\cdot CH_2\cdot \xrightarrow{(c)} \cdot\underset{\underset{O\cdot OH}{|}}{CH}\cdot C(CH_3):CH\cdot CH_2\cdot$$

Deux questions se posent: Comment l'atome d'hydrogène est-il perdu ou détaché au stade (*a*)? Une molécule d'oxygène intervient-elle pour le faire disparaître ou est-il séparé par l'action de la lumière (ou de la chaleur) seule? — Il est difficile de répondre à ces questions de façon concluante — d'une part, certains observateurs ont constaté que la vitesse d'oxydation du caoutchouc et de certaines substances oléfiniques du même genre, est indépendante de la concentration en oxygène, ce qui ferait penser que l'oxygène n'entre pas directement en réaction au premier stade du processus. D'autre part, la rupture de la liaison C–H exige une quantité d'énergie considérable qui doit être fournie par une source donnée. Cependant, du fait que l'oxydation du caoutchouc se produit plus rapidement sous l'action des rayons solaires ou ultra-violets (c'est-à-dire, dans des conditions généralement reconnues pour favoriser la formation de radicaux neutres à partir de différentes substances organiques), il est raisonnable de supposer provisoirement, que l'oxydation provoquée par la lumière conduit au moins à la formation de radicaux, et de considérer les résultats. Il est bon cependant de noter que le caoutchouc et les substances polyoléfiniques du même genre subissent une oxydation lente dans l'obscurité, c'est-à-dire une thermo-oxydation, différente d'une photo-oxydation, et ce phénomène n'a pas été très approfondi.

La correspondance entre les prévisions et les faits observés dans l'hypotèse des radicaux est particulièrement bien mise en évidence dans le cas du linolénate de méthyle (dérivé de l'huile de lin) et des esters de divers acides d'huiles de poisson, très voisins du linolénate de méthyle au point de vue structure [7]. Ces polyoléfines

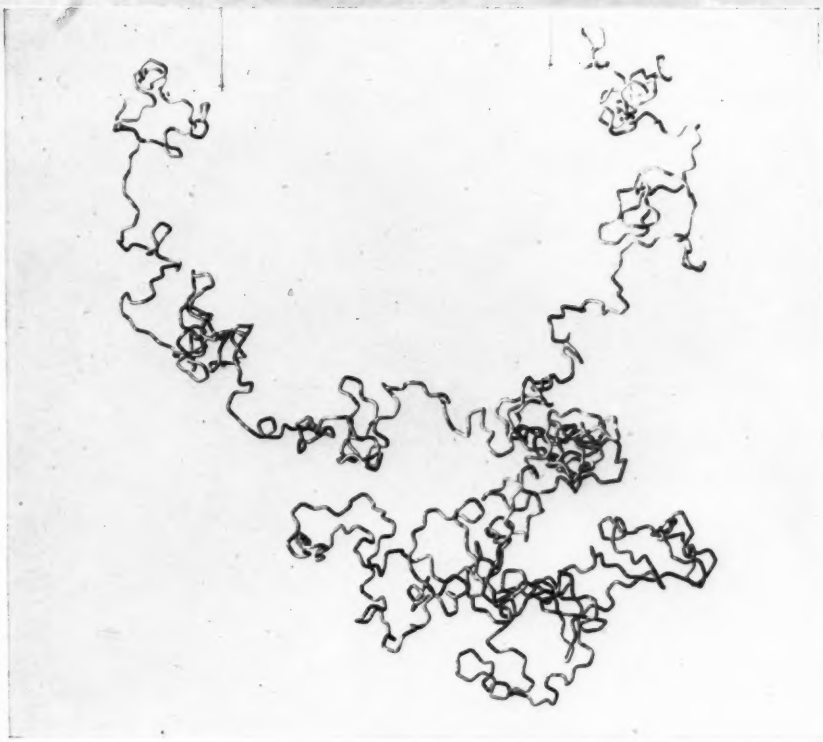


FIGURE 1 – *Modèle à grande échelle d'une molécule paraffinique de p.m. 14.000, établi par Treloar d'après la théorie statistique de Kuhn. L'effet de rotation au hasard autour des liaisons C–C est reproduit, la direction dans l'espace à chaque coude du fil métallique ayant été déterminée par tirage au sort. La distance entre les extrémités est voisine de 23 cm ce qui est très près de la longueur probable de cette molécule modèle. La longueur de la chaîne complètement étirée serait d'environ 4,25 m, ce qui fait que l'extensibilité d'une molécule paraffinique à 1.000 liaisons serait d'environ 19 fois sa longueur.*

FIGURE 2 – *Caoutchouc hydrogéné:* 1) *hydrogénation complète avec léger cracking pour réduire le temps de réaction (p.m.* 150.000). 2) *Hydrogénation partielle* (60 *pour cent*) *avec léger cracking (p.m.* 140.000). 3) *Hydrogénation complète avec cracking plus poussé (p.m.* 49.000).

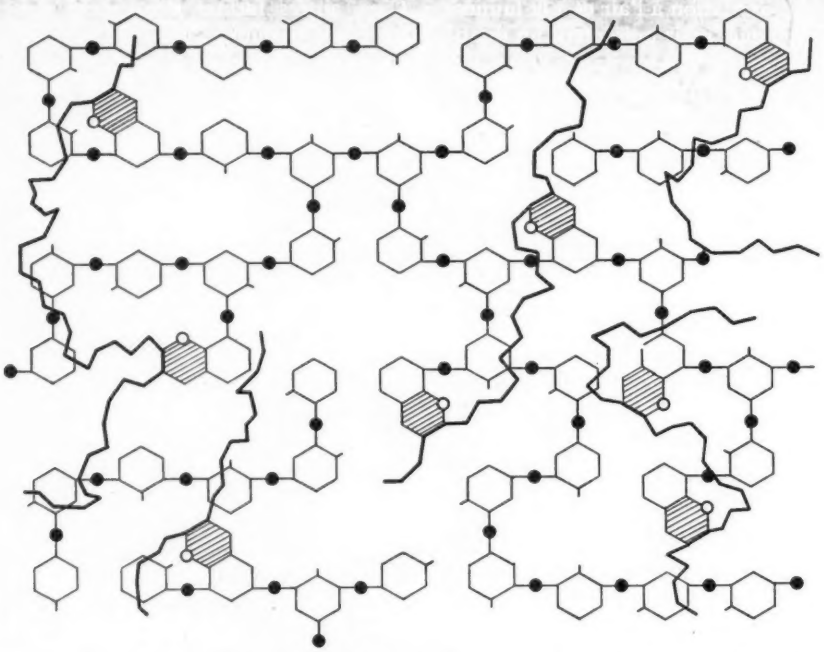
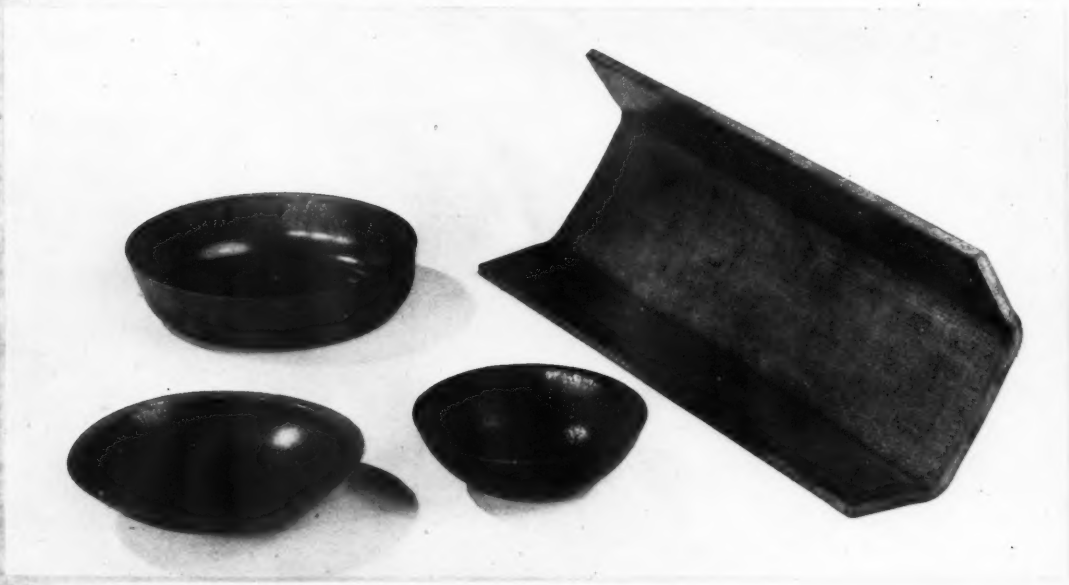


FIGURE 3 – *Diagramme conventionnel plan du réseau moléculaire à trois dimensions de la résine rubbone-phénol-formaldéhyde. La ligne noire irrégulière représente les chaînes de caoutchouc qui s'unissent au réseau phénol-formaldéhyde par les anneaux oxygénés (chromaniques) indiqués par des hachures. Les anneaux en clair représentent les noyaux phénoliques; leur queue, des groupes* ·OH; *les points noirs, des groupes* ·CH_2.

FIGURE 4 – *Plaques de résine rubbone-phénol-formaldéhyde moulées après que la prise thermique originale a eu lieu.*



subissent toutes l'oxydation à l'air et à la lumière, comme le caoutchouc, mais présentent un double avantage, du point de vue envisagé: d'une part les peroxydes formés sont beaucoup plus stables que ceux du caoutchouc et ne troublent pas les résultats en se décomposant trop rapidement, et d'autre part l'arrangement des liaisons non saturées dans la chaîne carbonée se prête plus aisément à des changements de structure que ne le fait celle de caoutchouc. Ce linolénate de méthyle a pour formule:

$$CH_3{\cdot}\underbrace{CH_2{\cdot}CH{:}CH{\cdot}CH_2{\cdot}CH{:}CH{\cdot}CH_2{\cdot}CH{:}CH{\cdot}CH_2}{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}CO_2CH_3$$

dans laquelle les paires d'atomes de carbone éthyléniques se trouvent séparées par un seul groupe méthyle, au lieu de deux comme dans le caoutchouc. Il suffit de considérer seulement le système de 10 atomes de carbone indiqué par l'accolade. Dans celui-ci, les deux groupes CH_2 entre les paires de doubles liaisons devraient, d'après la théorie, et la pratique le confirme, être plus facilement attaquables par les réactifs que les deux groupes CH_2 extérieurs. Si, par irradiation à l'air de l'ester, le groupe CH_2 de gauche perdait temporairement un *atome* d'hydrogène, avec ou sans l'aide d'une molécule d'oxygène, le radical à 10 carbones (*A*) qui en résulterait contiendrait deux groupes à 3 carbones **1** et **2**, dont chacun, alternativement, oscillerait ou résonnerait entre les formes de radicaux $\cdot CH{:}CH\cdot \underset{*}{C}H\cdot$ et $\cdot \underset{*}{C}H\cdot CH{:}CH\cdot$, jusqu'à ce que, finalement, l'atome d'hydrogène manquant soit remplacé par un autre atome ou un autre groupe. En conséquence les deux formes (*B*) et (*C*) apparaîtraient probablement aussitôt à côté de la forme (*A*) et ceci donnerait finalement, par rencontre avec des molécules d'oxygène, suivie de l'emprunt d'hydrogène au milieu environnant, deux molécules peroxydées différentes. Toutefois, ces deux molécules peroxydées, à la différence de celles qui sont obtenues directement à partir de (*A*), possèdent une structure diénique, c'est-à-dire qu'elles présentent deux doubles liaisons alternant avec des liaisons simples, ce qui est facile à reconnaître et à mesurer par les méthodes spectrographiques. Cinq autres formes peroxydées présentant une structure diénique, ainsi qu'une autre forme à structure triénique, pourraient se former si le groupe CH_2 de droite ou les groupes CH_2 de droite et de gauche perdaient des atomes d'hydrogène en même temps ou successivement. Pour cette raison, une oxydation de l'ester suffisamment poussé pour amener la formation de radicaux, entraînerait l'apparition de structure diénique à un degré considérable, et même, probablement, une structure triénique. En pratique, on voit que, lorsque du linolénate de méthyle pur absorbe l'oxygène en proportion moléculaire, à la lumière solaire et à la température ordinaire (c'est-à-dire assez d'oxygène pour attaquer la moitié des groupes CH_2), environ un tiers des molécules présente une structure diénique et 5 pour cent une structure triénique, et, pratiquement jusqu'au bout de cette absorption la totalité de l'oxygène est présente sous forme de groupes peroxydes. On obtient des résultats très comparables avec les systèmes non-saturés des esters d'huiles de poisson, de structure semblable mais plus longs; toutefois, en l'absence d'oxygène, la lumière ne provoque de réaction importante chez aucun ester. Il semble donc qu'il faille en conclure que l'oxygène *est* directement actif au premier stade de la réaction dans le cas des oxydations courantes, c'est-à-dire pour la formation de radicaux organiques.

Dans le cas du caoutchouc naturel ou de produits similaires à molécule plus petite, la méthode de formation de peroxydes est semblable à celle qui s'applique aux esters. Ici, cependant, la présence de deux groupes CH_2 entre les paires de carbones éthyléniques rend impossible la formation à un degré notable de dérivés conjugués par le mécanisme des radicaux; de plus, les groupes peroxydes se décomposent rapidement après leur formation et tendent aussi à détruire la non saturation et à fausser les observations. En conséquence, l'expérience permet de supposer qu'il n'y aura que peu de conjugaison en pratique.

Un autre procédé bien connu pour l'obtention de radicaux à partir de composés carbonés consiste

(*A*) $\cdot CH_2\cdot \overbrace{CH{:}CH\cdot CH\cdot CH{:}CH}^{1\quad 2}\cdot CH_2\cdot CH{:}CH\cdot CH_2\cdot$

(*B*) $\cdot CH_2\cdot \underset{*}{C}H\cdot CH{:}CH\cdot CH{:}CH\cdot CH_2\cdot CH{:}CH\cdot CH_2\cdot$ (par résonnance de **1**),

(*C*) $\cdot CH_2\cdot CH{:}CH\cdot CH{:}CH\cdot \underset{*}{C}H\cdot CH_2\cdot CH{:}CH\cdot CH_2\cdot$ (par résonnance de **2**),

à les chauffer à haute température. Dans le cas du linolénate de méthyle et des esters d'huiles de poisson, ces formations se produisent en l'absence complète d'oxygène [6], bien au-dessous du point de cracking, si l'on prend comme critère l'apparition du phénomène de conjugaison [15]. Ici, le degré final de conjugaison est faible comparé à celui que l'on obtient par oxydation (< 5 pour cent), ceci étant dû à la polymérisation qui s'établit parmi les formes conjuguées. Dans le cas des caoutchoucs, par contre, bien qu'il y ait, sans aucun doute, formation de radicaux, le chauffage ne produit aucune conjugaison; leur structure d'ailleurs n'en fait pas prévoir.

La formation de groupes peroxydés telle qu'elle vient d'être décrite n'est que le premier stade du processus d'oxydation des caoutchoucs; ces groupes se décomposent facilement et agissent alors comme de véritables agents d'oxydation pour le milieu au sein duquel ils se forment [9]. Les groupes se décomposent sous l'influence de la lumière et de la chaleur d'une façon complexe, l'effet réel étant l'oxydation des doubles liaisons les plus proches, par fixation d'oxygène d'abord, puis rupture. Dans ces stades préliminaires, il faut qu'une douzaine de molécules d'oxygène, ou plus, soient absorbées pour causer une rupture complète de la chaîne, mais le processus continue régulièrement, avec raccourcissement progressif des chaînes, bien que quelques-unes seulement des chaînes soient scindées. Normalement chaque groupe ·OOH retient la moitié de son oxygène sous forme d'un groupe ·OH dans la position originale et emploie l'autre moitié à l'oxydation des chaînes. Le procédé est exactement celui que les industriels ont employé depuis plusieurs années pour amollir le caoutchouc. Le caoutchouc est pétri à l'air, entre des cylindres, et absorbe ainsi de l'oxygène; ses longues chaînes sont coupées par oxydation en chaînes d'environ un tiers (en moyenne) de la longueur originale, le produit devient ainsi plus maniable et plus soluble. Ce ramollissement s'effectue évidemment, dans une certaine mesure, aux dépens de la solidité, de la résistance aux chocs mécaniques, etc., qui sont fonction de la longueur de la chaîne. Si ce traitement est poussé plus loin par oxydation catalytique, le caoutchouc perd sa solidité et l'on obtient un produit extrêmement utile, le «Rubbone» [14], [16], [17], dans lequel les chaînes du caoutchouc ont été réduites à environ 1/90 ou moins, de leur longueur primitive. Toutefois, le processus d'oxydation ne tend pas dans tous les cas à réduire la grandeur moléculaire, parce que si les groupes peroxydes sont découpés à haute température (sur des rouleaux chauds, par exemple), quelques-unes des chaînes ou de leurs fragments se joignent par des liaisons oxygénées — la plupart du type éther — pour former des chaînes hétérogènes.

DIFFÉRENTS MODES DE CHLORURATION

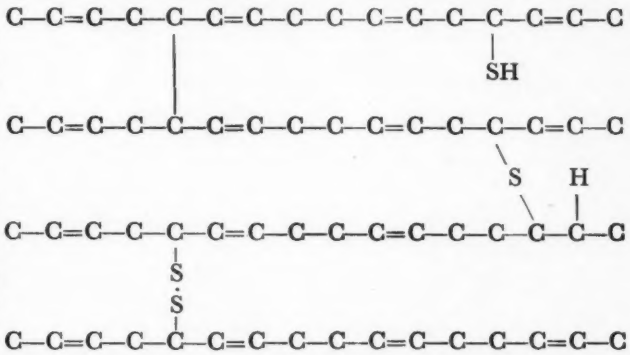
Les caoutchoucs fortement chlorés, préparés par action du chlore sur le caoutchouc, ont été largement employés dans la fabrication de peintures résistant aux acides, mais les caoutchoucs moins fortement chlorés sont instables. Lorsque le chlore réagit avec le caoutchouc entre — 50 et + 80° C, la première molécule de réactif remplace un atome d'hydrogène et la seconde agit de même. Ce n'est qu'aux stades suivants que le chlore commence à s'ajouter aux doubles liaisons. En fait, il est nécessaire de recourir à un stratagème pour préparer un composé d'addition dichloré homogène $[\cdot CH_2\cdot C(CH_3)Cl\cdot CHCl\cdot CH_2\cdot]_n$, qui est un composé relativement stable. Les atomes d'hydrogène remplacés par du chlore sont en majeure partie ceux des groupements méthyle adjacents aux doubles liaisons, mais la cyclisation accompagne dans une large mesure l'halogénation. D'où la formation de deux types distincts de groupements substitués, $\cdot CHCl\cdot C(CH_3):CH\cdot CH_2\cdot$ et $\cdot CH\cdot C(CH_3):CH\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot C(CH_3)\cdot CHCl\cdot CH_2\cdot$, tous deux très instables et cédant la totalité de leur chlore par réaction avec le nitrate d'argent en solution alcoolique [2]. L'explication la plus simple et la plus plausible de ces faits est que les deux composés sont formés par déplacement direct de l'hydrogène par le chlore, ce qui implique probablement une réactivité de radical. Il parait également improbable que la réaction d'addition soit une réaction ionique.

RADICAUX ET VULCANISATION

On a cru longtemps que la liaison des molécules de caoutchouc entre elles pour former d'immenses complexes insolubles, liaison qui se produit lorsque le caoutchouc est chauffé avec du soufre, était une réaction d'addition dans laquelle le soufre jouait simultanément le rôle de produit d'addition sur les doubles liaisons, et d'agent de liaison entre les molécules. Mais on n'avait pas compris le rôle des accélérateurs qui rendaient plus rapide la vulcanisation et souvent aussi l'amélioraient. On a reconnu maintenant que la forme de vulcanisation la plus simple [5] était celle qui est réalisée très lentement par la lumière

solaire ou les rayons ultra-violets, et l'on peut l'expliquer comme le produit de l'expulsion lente par l'action de la lumière des atomes d'hydrogène de la chaîne du caoutchouc (elle est très lente par comparaison avec la vitesse de séparation des atomes d'hydrogène par les processus d'oxydation) [1]. Toute molécule de caoutchouc RH qui perd un de ses atomes d'hydrogène de cette manière donne un radical actif R* qui, rencontrant une molécule avoisinante, peut s'unir à elle en éliminant un atome d'hydrogène ($R^* + RH \rightarrow R{\cdot}R + H^*$). Le processus peut continuer soit par l'union de la double molécule, devenue radical par perte d'un atome d'hydrogène, avec une troisième molécule de caoutchouc ($R{\cdot}R \rightarrow R{\cdot}R'^* + H^*$; $R{\cdot}R'^* + RH \rightarrow R{\cdot}R'{\cdot}R + H^*$), soit par l'union avec la double molécule d'une troisième molécule devenue radical par perte d'un atome d'hydrogène ($RH \rightarrow R^* + H^*$; $R{\cdot}R + R^* \rightarrow R{\cdot}R'{\cdot}R + H^*$), etc. Les atomes d'hydrogène actif éliminés dans le processus peuvent alimenter le stock de radicaux dont la formation par l'action de la lumière est lente, et aider ainsi au maintien de la marche de la réaction. On peut obtenir une réaction du même genre, mais beaucoup plus rapide, par addition au caoutchouc d'une substance organique se scindant elle-même en radicaux. Le peroxyde de dibenzoyle [8] est un composé de ce genre qui se décompose graduellement, par chauffage, et il est certain que quelques-uns des accélérateurs les plus connus doivent leur pouvoir à la même propriété. Souvent ces produits organiques en fournissant des radicaux, cèdent une partie de leur substance au caoutchouc et, ce faisant, le modifient chimiquement et produisent des liaisons transversales. Dès le début de son action sur le caoutchouc le soufre provoque ces liaisons transversales [3]. Il doit probablement son pouvoir à sa propriété de détacher des atomes d'hydrogène du caoutchouc, donnant ainsi naissance à des radicaux de caoutchouc et à des thio-radicaux ($RH + S \rightarrow R^* + HS^*$), le premier radical se liera principalement aux molécules avoisinantes par des liaisons C–C. Le second se combinera avec les molécules de caoutchouc ou leur empruntera de l'hydrogène, formant ainsi (respectivement) des radicaux de caoutchouc ou de l'hydrogène sulfuré. C'est de cette façon que se forment des corps à liaisons transversales, comme ceux indiqués au-dessous.

Le principe de la vulcanisation s'applique aussi lorsque l'on veut lier le caoutchouc avec d'autres molécules. Par exemple, lorsque du caoutchouc dissous est chauffé avec de l'anhydride maléique en présence d'une source de radicaux (peroxyde



de dibenzoyle), on voit que les radicaux de ce dernier détachent les atomes d'hydrogène du caoutchouc, rendant ainsi possible sa combinaison avec l'anhydride maléique. On peut obtenir de cette façon des produits industriels intéressants contenant jusqu'à une molécule d'anhydride par groupe de caoutchouc. Dans d'autres opérations chimiques, y compris le cracking mesuré du caoutchouc, la formation de radicaux semble jouer un rôle important. Quelquefois, cependant, la formation spontanée de radicaux de caoutchouc au cours de la réaction amène des liaisons transversales là où le chimiste voulait simplement fixer le réactif sur une double liaison.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bateman. (Sous presse.)
[2] Bloomfield, *J. chem. Soc.*, 1943, 289 *et seq.*
[3] Brown et Hauser. *Industr. Engng. Chem.*, 1938, **30**, 1291; 1939, **31**, 1225.
[4] Cunneen, Farmer et Koch. *J. chem. Soc.*, 1943, 472.
[5] Farmer. *Trans. Faraday Soc.*, 1942, **38**, 356.
[6] Farmer and Grew. (Inédit.)
[7] Farmer, Koch et Sutton. *J. chem. Soc.*, 1943, 541.
[8] Farmer et Michael. *J. chem. Soc.*, 1942, 513.
[9] Farmer et Sundralingam. *J. chem. Soc.*, 1942, 121; 1943, 125.
[10] *Idem. Ibid.*, 1942, 121; 1943, 125.
[11] Farmer et Sutton. (Sous presse.)
[12] *Idem. J. chem. Soc.*, 1942, 139.
[13] Gee. *Trans. Faraday Soc.*, 1940, **36**, 1171.
[14] Hilton. *I.R.I. Trans.*, 1941, **17**, 319.
[15] Mitchell et Kraybill. *Industr. Engng. Chem.*, Anal. Ed., 1941, **13**, 765.
[16] Naylor. (Sous presse.)
[17] Stevens et Popham. *J. Soc. chem. Ind.*, 1938, **57**, 128.
[18] Treloar. *I.R.I. Trans.*, 1943, **18**, 256.

L'influence des hormones sur l'évolution sociale de l'homme

S. ZUCKERMAN

Certaines glandes produisent des substances chimiques appelées hormones, qui ont une influence profonde et vitale sur le fonctionnement du corps humain. Les processus de reproduction par exemple, dépendent complètement des changements produits par les hormones sexuelles. Cet article discute, en termes généraux, la thèse selon laquelle l'évolution humaine est liée à des modifications de la physiologie des hormones sexuelles.

L'étude des fossiles montre qu'au début de l'époque géologique actuelle, il y a environ un million d'années, des hommes possédant un squelette identique au nôtre existaient en même temps que des types humains quelque peu différents, comme celui que représente l'homme de Neanderthal. On ne connaît avec certitude que bien peu de choses en dehors du fait que ces derniers types ont disparu. Des problèmes sur lesquels nôtre ignorance est complète sont ceux des mutations qui ont amené notre divergence des types ancestraux et ceux des processus de sélection qui ont amené la perpétuation de ces modifications.

Nous n'en savons pas assez pour pouvoir faire mieux que de mettre en lumière certains facteurs importants qui semblent avoir déterminé l'apparition de notre espèce, et nous ont aidé à occuper notre position prépondérante actuelle par rapport aux autres formes vivantes du globe terrestre. On peut les classer en deux grands groupes — ceux qui se rapportent à la partie la plus récente de l'histoire de l'homme, et ceux qui concernent notre développement préhumain et notre apparition en tant qu'hommes. Dans le premier groupe les plus importants sont: les développements de nos processus symboliques; la découverte du feu et de la roue; la réalisation progressive de la combinaison de l'élevage, de l'agriculture, et de la métallurgie, qui est à la base de la civilisation telle que nous la connaissons aujourd'hui. Ces caractéristiques font si intégralement partie de notre vie qu'il est difficile de réaliser qu'elles ne constituent qu'une acquisition très récente dans l'échelle de temps de l'évolution humaine.

Nos particularités biologiques sont beaucoup plus anciennes. Selon les avis les plus autorisés, la plus importante de ces particularités qui ait eu une influence sur notre développement préhumain, et sans laquelle nous n'aurions pu atteindre le niveau humain, est que nous possédions simultanément la vision stéréoscopique et des pouces complètement opposables. Cette combinaison n'existe chez aucun autre animal. Grâce à elle, le singe préhumain a pu explorer le monde extérieur et en obtenir une maîtrise de plus en plus grande, et l'on a soutenu la théorie que c'est par les effets combinés des impressions tactiles et visuelles que le cerveau simien a évolué vers le cerveau humain actuel. Comparées avec celle-ci, les autres caractéristiques biologiques qui nous différencient des singes ont probablement peu d'importance. Il y en a cependant une qui fut probablement un facteur critique pendant la période de notre émergence à l'état d'homme. C'est notre régime alimentaire unique. Les singes sont presque uniquement, sinon totalement, végétariens. L'homme est le seul des Primates qui soit omnivore.

Si nous avions conservé les habitudes frugivores du Primate, nous n'aurions jamais quitté les forêts dans lesquelles sont toujours confinés le gorille, le chimpanzé, l'orang-outang, et le gibbon, par suite de leurs besoins alimentaires, et, dans les forêts, nous n'aurions jamais évolué comme nous l'avons fait. Mais il y a encore un autre côté à cette question. Certains signes indiquent que les forêts de nos ancêtres disparurent au cours d'une période géologique de sécheresse, pendant laquelle, à ce que l'on croit, nous sommes passés par les transformations critiques de la forme simiesque à la forme humaine. Ils n'est donc pas improbable que nos ancêtres aient été forcés de devenir omnivores par la disparition graduelle de leurs réserves naturelles d'aliments, ceux des hommes-singes capables de s'adapter à un régime partiellement carnivore — tel que celui de l'homme des cavernes et le nôtre — ayant seuls pu survivre et se multiplier. Quelle que soit la façon dont ce changement s'est produit, il n'est

pas difficile de réaliser qu'il a dû s'accompagner d'importantes modifications dans la vie familiale et sociale.

Chez les singes du vieux monde, la cellule sociale est généralement un groupe familial distinct comportant plusieurs femelles et restant uni tant que le mâle qui en est le maître est capable de tenir à distance les autres mâles et de garder ses femelles auprès de lui. Les relations à l'intérieur de la famille sont déterminées dans une large mesure par le rythme sexuel des femelles, l'alternance de leurs périodes de rut déterminant la favorite du moment. Les jeunes peuvent naître à n'importe quelle période de l'année, mais, autant que nous puissions l'affirmer, la fréquence des naissances subit des variations saisonnières marquées. Le groupe familial, mâle, femelles et jeunes, prend ses repas en même temps, chacun choisissant les racines ou les fruits qui lui conviennent.

Des relations familiales de cette sorte ne conviennent pas à un système économique basé sur la chasse, ou sur une combinaison de chasse et de ramassage des aliments, du type que le premier homme fut obligé d'adopter. Un tel système entraîne la division du travail entre les sexes puisqu'il aurait été difficile aux femelles gravides ou nourrices et à leurs petits de prendre part à la chasse. Il est à peu près certain qu'elles restaient en arrière, ramassant les racines et les fruits poussant aux environs de leurs demeures, tandis que leurs mâles chassaient. A ce point, on en arrive à une autre conclusion. Un tel système économique est incompatible avec la polygamie basée sur la domination du mâle. Comme la proportion des sexes est égale dans l'ensemble, à côté de chaque cellule polygyne, il existe un certain nombre de mâles vagabonds et sans liens, à l'affût d'une occasion de désunir une famille pendant que son chef est absent en expédition de chasse. La sélection naturelle a dû lentement opérer dans le conflit entre les impulsions sexuelles et les impulsions alimentaires, et la monogamie est devenue la règle — comme elle l'est restée, du moins l'affirme-t-on, chez les peuplades qui vivent de la chasse et du ramassage de fruits et de racines sauvages telles qu'il en existe encore aujourd'hui dans quelques régions éparses du globe.

Les faits que nous avons discutés jusqu'ici sont importants dans l'histoire de notre développement et ont déjà, à différentes reprises, suscité l'intérêt des anthropologistes. Dans un sens, ainsi que nous l'avons suggéré, ils ne sont pas autre chose que des déductions tirées des différences existant entre nous et le reste du monde animal. D'un autre côté, ils ne sont que l'exposé de facteurs positifs auxquels nous pouvons rattacher, en totalité ou en partie, notre évolution unique. Aucun d'eux ne s'applique au reste du groupe des mammifères auquel nous appartenons, et réciproquement, il est difficile de discerner aucune caractéristique propre aux singes qui, si nous l'avions possédée, aurait accéléré notre propre évolution. En fait, au point de vue des parties les plus importantes de l'outillage biologique, nous marquons sur eux un progrès incontestable. Notre cerveau, par exemple, au point de vue anatomique, n'est pas fondamentalement différent de celui des singes, mais il est beaucoup mieux développé. Nos mains sont essentiellement les mêmes, mais étant moins développées dans certaines directions, elles sont plus souples. La structure de nos pieds est sans doute plus spécialisée, et par suite, ils ne peuvent nous servir comme une paire de mains supplémentaire, mais d'autre part, elle est adaptée à la position debout qui a permis de libérer complètement nos membres antérieurs de leurs fonctions originales d'organes de soutien et de locomotion.

S'il est difficile de discerner aucun caractère des Primates anthropoïdes qui aurait accéléré notre évolution, il est facile d'en trouver quelques-uns qui auraient pu entraver notre développement. Il existe donc une importante différence d'ordre négatif entre nous et le reste du groupe biologique auquel nous appartenons, et nous pouvons nous rendre compte maintenant qu'elle a eu sur notre évolution une influence au moins aussi grande que celle de n'importe quel autre des facteurs dont nous avons déjà parlé. Cette différence est due au fait que nous sommes exempts du rigoureux contrôle chimique intérieur des fonctions de reproduction tel que celui qui existe chez les singes, et plus encore chez les autres mammifères. Des recherches récentes sur la physiologie et la chimie des hormones régulatrices de la reproduction — hormones du lobe antérieur de l'hypophyse et hormones des gonades appartenant au groupe des stérols — montrent que cette émancipation a dû être d'une importance vitale pour notre apparition sous forme d'*Homo sapiens*. Voyons la question de plus près.

Le rythme de la vie chez la plupart des animaux sauvages est strictement réglé par la périodicité des processus de reproduction. Par exemple, la migration des oiseaux est réglée par les fluctuations dans les concentrations en hormones stéroliques des gonades dans l'organisme, et ces

fluctuations sont à leur tour déterminées par les variations saisonnières de la stimulation exercée par la lumière sur le lobe antérieur de l'hypophyse qui produit les hormones gonadotropes. Si l'on met en cage un oiseau au moment où il est sur le point de partir vers le sud à l'approche de l'automne, et si on l'y garde suffisamment longtemps pour que ses organes de reproduction soient revenus au stade de repos, il n'essayera pas d'effectuer sa migration lorsqu'il sera relâché. L'impulsion fournie par ses hormones sexuelles a disparu.

De la même façon, la vie entière de la plupart des mammifères est commandée par le fonctionnement périodique des organes sexuels. Ainsi, alors que les régions géographiques dans lesquelles on rencontre la plupart des mammifères à l'état sauvage sont fixées par des processus généraux de sélection, tels que les besoins alimentaires, leurs déplacements importants à l'intérieur de ces régions sont dirigés par des forces internes, s'il est permis de les appeler ainsi, qui varient avec les fluctuations du taux d'hormones sexuelles dans leur organisme, et avec les changements de nature de ces hormones.

Ce contrôle chimique interne n'est pas aussi strict chez les singes, mais, autant qu'il soit possible de le savoir, il est encore suffisamment puissant pour dominer la vie sociale de presque toutes les espèces. Comme dans le cas des cervidés, les régions géographiques dans lesquelles vivent les singes sont déterminées par des processus généraux de sélection. D'autre part, bien que le taux des naissances montre des variations saisonnières marquées, l'activité sexuelle n'est pas limitée à une saison déterminée, et par conséquent, les singes mâles et femelles sont toujours ensemble. Leur cellule sociale, ainsi que nous l'avons déjà dit, est généralement une famille polygyne maintenue par la domination du mâle. On peut considérer que ceci est dû à une impulsion sexuelle mâle — impulsion déterminée au moins partiellement par la concentration des hormones mâles dans l'organisme. De plus, les rapports des femelles et des mâles, et ceux des femelles entre elles, à l'intérieur de chaque cellule familiale, sont contrôlés par l'alternance des périodes de rut des femelles. Celles-ci présentent les phases d'élaboration et de concentration des hormones stéroliques des gonades, qui sont accompagnées dans de nombreuses espèces de modifications très marquées dans l'aspect extérieur du corps. Une femelle en chaleur semble absorber l'intérêt du mâle, et en même temps être fortement attirée vers lui. Sa position dominante au point de vue sexuel affecte tous les membres de la famille à laquelle elle appartient.

L'homme a été émancipé de tout ceci. Si un mécanisme aussi rigide avait existé au cours de la période de notre émergence, les hommes primitifs n'auraient guère pu passer par les modifications écologiques des habitudes alimentaires qui leur ont permis de survivre, ni arriver à ce que nous pouvons regarder maintenant comme la première révolution sociale importante de notre espèce, la stabilisation de la famille. L'hypothèse qu'un tel changement ait pu se produire suggère que l'impulsion due aux hormones sexuelles mâles n'était pas assez puissante pour empêcher les premiers hommes d'abandonner, au moins ouvertement, la pratique de leurs tendances à la polygamie. De plus, on a tout lieu de supposer que le rythme de l'impulsion sexuelle était beaucoup moins marqué chez les premières femmes de notre espèce qu'il ne l'est chez les singes existant aujourd'hui, ou qu'il ne l'était sans doute chez nos ancêtres simiesques. S'il en avait été autrement, les relations personnelles auraient été trop limitées par le contrôle chimique interne pour permettre les changements sociaux qui ont été nécessaires à notre survivance et à notre évolution sociale.

Mais, très évidemment, elles ne l'ont pas été. Au contraire, grâce aux processus symboliques que nous avons développés, nous avons pu arriver à la maîtrise de notre monde extérieur, maîtrise qui s'étend bien au delà des limites de notre entourage immédiat, et qui nous libère complètement des limites géographiques. Mais, nous sommes en infériorité à d'autres points de vue, à cause de cette même indépendance vis-à-vis d'un cadre de relations sociales déterminées à l'avance et déterminé par les hormones, car en particulier, nous n'avons pas réussi à nous entendre sur les relations des êtres humains entre eux. D'importantes divergences d'opinion ont causé dans le passé, et causent une fois de plus aujourd'hui, des luttes violentes à l'intérieur de l'espèce. Si nous ne nous sommes pas trompés dans l'interprétation des échelons biologiques de notre évolution sociale, des luttes analogues ont pris place à une autre période dangereuse de notre évolution, celle de notre émergence du monde simiesque.

Un autre défaut de notre relative émancipation du contrôle hormonal sexuel est d'un caractère plus individuel. La combinaison de l'évolution humaine avec l'abolition d'un système reproducteur réglé automatiquement nous trouve

aujourd'hui en possession d'un système qui, complètement en dehors du fait qu'il est facile aux individus désireux de ne pas avoir de descendants d'obtenir ce résultat, se détraque assez fréquemment au point de vue physiologique. Faute de preuves, l'on n'attribue généralement pas, partiellement ou totalement, à des causes physiologiques, le déclin actuel dans le taux des naissances de la plupart des pays — bien que l'on puisse dire que si le contrôle chimique interne de la reproduction chez l'homme était plus puissant et plus automatique, il serait plus difficile d'empêcher la reproduction. L'importance du problème est telle, qu'il est nécessaire de rechercher s'il n'existe pas des facteurs physiologiques qui jouent un rôle dans la stérilité si répandue aujourd'hui. Pour cette étude nous avons besoin de faire des recherches plus poussées sur la physiologie et la chimie du système endocrinien en général, et des hormones sexuelles en particulier. En dehors du problème plus vaste de l'accroissement et de la diminution de la population, une étude de cet ordre peut seule permettre d'améliorer les cas plus faciles à reconnaître dans lesquels la machine reproductrice humaine cesse de fonctionner pour des raisons nettement physiologiques. Nous pourrions presque dire que, si l'émergence de l'homme a été liée à une émancipation partielle d'un contrôle prédéterminé exercé par ces hormones, son bien-être futur sera aidé par un contrôle rationnel des troubles de la reproduction et de ceux du système endocrinien.

Revue des livres

DÉTECTION DES DÉFAUTS DES APPAREILS DE T.S.F.

Testing Radio Sets, *par J. H. Reyner. Pp. viii* + 215. *Chapman & Hall Limited, Londres. Quatrième édition, révisée,* 1943. 15*s. net.*

Il est bon, lorsque l'on met à l'épreuve un appareil de T.S.F., d'opérer méthodiquement, mais si l'on s'en tient à une routine établie, on risque de laisser passer un point ou de ne l'apercevoir qu'après répétition de plusieurs essais — l'auteur de cet ouvrage prend grand soin de signaler les principes sur lesquels reposent les différents tests.

Il explique suffisamment le fonctionnement des circuits et des différents accessoires pour rendre l'essai et la détection des défauts une opération de simple déduction.

Une des caractéristiques utiles de ce livre se rapporte aux différences de construction, en particulier au point de vue de leur effet sur les anomalies de fonctionnement de l'appareil. Le débutant trouvera des conseils dignes de retenir l'attention sur la meilleure façon de faire les montages.

Le chapitre traitant des défauts peu courants laisse le lecteur dans l'état d'esprit désiré pour l'inciter à la véritable recherche lorsque les méthodes habituelles n'ont pas donné de résultat. Le livre de Mr Reyner sera d'un grand secours pour quiconque a besoin de conseils pour l'essai des appareils de T.S.F. La clarté des explications et le recours au minimum possible de mathématiques caractérisent ce livre.

L'ÉTUDE DU TEMPS

The Weather, *par George Kimble et Raymond Bush. (Collection «Pelican».) Pp.* 188. *Penguin Books Limited, Harmondsworth et New York.* 1943. 9*d. net.*

Il n'est pas aisé de présenter un sujet très technique d'une manière attrayante pour le lecteur ordinaire, mais les auteurs de ce livre peuvent se vanter d'y être parvenus. Les 188 pages de ce livre contiennent un monde d'informations sur les phénomènes atmosphériques, le tout très simplement exprimé, et le lecteur à l'esprit curieux trouvera des explications lucides sur les processus physiques qui sont à la base des changements de temps.

Les nombreuses références aux signes qui présagent le temps sont particulièrement intéressantes et les auteurs montrent que celui du « Berger de Banbury » est souvent vérifié par les faits et par la théorie; d'autre part ils condamnent sans ambages certains instruments apocryphes tels que le « baromètre des tempêtes » et les présages astrologiques, tels que celui de la « lune couchée sur le dos ».

Il faut espérer que les lecteurs qui suivront le conseil des auteurs et deviendront leur propre observateur météorologique, ne compteront pas sur une trop grande proportion de prévisions justes. Ceci dit, il y a beaucoup d'arguments en faveur de cette idée. Il est excellent de faire ses propres observations et l'échec de nos prévisions les plus sûres nous rendra plus indulgents envers les erreurs des météorologistes professionnels.

H. K. JOHNSON

REVUE GÉNÉRALE DE CHIMIE MINÉRALE

Inorganic Chemistry, *par Fritz Ephraim. Edition anglaise par P. C. L. Thorne et E. R. Roberts. Quatrième édition. Pp. xii* + 921. *Gurney & Jackson, Londres.* 1943. 28*s. net.*

On obtient par l'étude comparée des quatre éditions de ce livre un épitomé des progrès de la chimie minérale. Du point de vue conception et arrangement il est unique parmi les traités de chimie minérale et la première édition, parue en 1926, réussit pleinement dans le but poursuivi, qui était de présenter une étude suffisante et en même temps cohérente, des faits généraux de la chimie minérale. Depuis cette époque, les progrès rapides réalisés dans la connaissance de la structure atomique et le développement de notions plus claires sur les liaisons des atomes, ont donné la possibilité de présenter la chimie des composés minéraux d'une façon plus serrée et plus logique.

C'est ce progrès qui est reflété par les modifications apportées aux premiers chapitres de cette édition, et l'auteur de cette analyse estime que ces chapitres constituent un sommaire admirable et concis des notions actuelles de la structure atomique, de la théorie des valences et des méthodes de détermination de la structure moléculaire.

Les autres chapitres ont été complètement révisés sous le nouvel angle de ces notions et l'auteur recourt largement à l'image intime de la structure moléculaire fournie par l'étude des cristaux aux rayons X, par la diffraction des

électrons et par des mesures de moments dipolaires. L'auteur passe en revue les données et fait une judicieuse sélection parmi les compte-rendus de travaux récents; les additions ont été faites sans sacrifier la cohésion si essentielle. Les étudiants en chimie trouveront cette nouvelle édition utile et attrayante. Aucun autre livre dans ce domaine ne présente une meilleure vue d'ensemble du sujet étudié. F. G. TRYHORN

MÉTABOLISME DES MATIÈRES GRASSES CHEZ LES ANIMAUX

The Metabolism of Fat, *par Ida Smedley-MacLean. Pp. vi* + 104. *Methuen & Company Limited, Londres.* 1943. 4*s. net.*

Cet excellent petit livre donne un résumé des connaissances actuelles relatives au métabolisme des graisses chez les animaux et dans les tissus animaux isolés. Il sera des plus utiles aussi bien au professeur qu'à l'étudiant, et comprend un bon nombre de références à la littérature la plus importante. On trouvera la discussion des résultats des principales méthodes d'attaque des problèmes relatifs au métabolisme des graisses, tels que ceux qui sont obtenus par l'emploi de phosphore radio-actif ou d'hydrogène lourd ou par emploi de la technique des coupes de tissus. Quelques chapitres sont consacrés à l'étude des modes de synthèse des acides gras dans le corps, à celle de la constitution des acides non-saturés polyéniques et de leur rôle dans le métabolisme des graisses, à celle des modes d'absorption et de transport des graisses dans le corps, et des modes d'oxydation des acides gras.

J. H. QUASTEL

IDENTIFICATION DES INSECTES PROPAGATEURS DE MALADIES

A Handbook for the Identification of Insects of Medical Importance, *par John Smart et ses collaborateurs. Pp. x* + 270, *avec* 13 *planches. British Museum, Londres.* 1943. 15*s. net.*

Il est peu d'aspects de la biologie animale qui se soient développés aussi rapidement que l'entomologie médicale. Du point de vue zoologique, des notions nouvelles sont continuellement acquises en ce qui concerne les insectes porteurs de maladies. La recherche médicale, en même temps, apporte sa contribution avec des informations sur les agents pathogènes et les méthodes employées pour prévenir ou guérir leurs effets. On trouve rarement les deux aspects de ce vaste sujet réunis dans le même volume et la croissance rapide de l'entomologie médicale rend cette synthèse de plus en plus difficile. Le livre de Dr Smart est essentiellement un traité de zoologie. Il a trait à l'identification de toutes les espèces d'insectes connues dans l'Ancien Monde et ayant une importance en médecine et en hygiène. L'identification exacte est de la plus grande importance, car une espèce d'insecte peut être porteur certain de maladie et une espèce très voisine complètement inoffensive. Une erreur d'identification d'une espèce d'*Anophèles*, par exemple, peut rendre inopérantes toutes les tentatives de lutte contre la malaria. On trouve de nombreux exemples d'identifications erronées dans la littérature relative à l'entomologie médicale. Il est assumé dans cet ouvrage que le lecteur n'a que des notions élémentaires d'entomologie; il n'aura probablement pas grande difficulté à comprendre les tableaux et les descriptions. Celles-ci sont claires et accompagnées de séries d'excellentes illustrations. Les diptères tiennent naturellement la plus grande place dans un ouvrage de cet ordre. En dehors des caractères spécifiques des adultes, on trouve encore des tableaux synoptiques pour l'identification des larves déterminant des myases, ainsi que des larves d'*Anophèles* au quatrième stade qui affectent différentes régions du globe. Le Dr Karl Jordan donne une étude très détaillée des siphonaptera, ou puces, et R. J. Whittick un chapitre très utile sur les arachnides. Il faut féliciter les auteurs et les administrateurs du British Museum pour la production de ce travail excellent et tout-à-fait à jour. Son prix exceptionnellement bas, aux cours actuels, est encore un point en sa faveur. A. D. IMMS

LES PERSPECTIVES DE LA PRODUCTION LAINIÈRE

The Future of Wool, *par Pablo Link. Buenos Ayres.* 1943.

Revue analytique de la production lainière en Argentine, accompagnée de détails sur l'industrie du mouton et de la laine dans les différentes provinces. Il y a eu en Patagonie, depuis 1895, une augmentation régulière du nombre des moutons, avec un accroissement simultané du poids de la toison de 2,7 kg à 3,8 kg par tête. La laine est en majeure partie de la laine de races croisées et varie de la qualité fine à la qualité grossière. D'après des considérations sur les tendances générales de l'industrie textile, l'auteur essaye de prévoir l'avenir de l'industrie lainière après la guerre. Au cours des trente dernières années la consommation de certains textiles a augmenté plus que celle de certains autres et, dans le cas de la laine, l'augmentation a été de 20 pour cent par tête. Il semble peu probable, à cause de la difficulté de produire synthétiquement une fibre tubulaire à structure cellulaire, pouvant être feutrée comme la laine, que les laines artificielles soient jamais d'un usage pratique pour les climats froids. La conclusion à tirer est donc que la consommation de coton aussi bien que de laine a augmenté, et augmentera encore, sans qu'elles se nuisent l'une à l'autre.

LA PÉTROLOGIE DES ROCHES VOLCANIQUES

Eruptive Rocks, their Genesis, Composition, and Classification, *par S. J. Shand. Pp. xvi* + 444 *et* 3 *planches. Thomas Murby & Company, Londres; John Wiley & Sons Inc., New York.* 1943. 25*s. net.*

La publication de la deuxième édition de l'intéressant traité du Professeur Shand sera la bienvenue pour de nombreux géologues. Ce livre fut d'abord publié en 1927 et l'auteur a profité de l'occasion pour revoir complètement l'ouvrage et y ajouter plus de 80 pages. Il a été possible aussi d'ajouter de nouveaux chapitres sur l'ordre de cristallisation des minéraux, les phases compatibles et incompatibles, les complexes de roches éruptives et aussi une critique beaucoup plus complète de la littérature pétrologique la plus récente. Une série de références à la suite de chaque chapitre constitue un des attraits du livre. L'exposé de la chimie physique des roches ignées présente les aspects les plus importants de la question d'une façon telle qu'il pourra servir d'introduction à ce sujet pour les lecteurs dont l'intérêt principal n'est pas la pétrologie. La discussion des problèmes de classification est suivie de huit chapitres consacrés à la description plus détaillée des roches ignées. Le dernier chapitre traite des météorites et conduit à des considérations sur l'histoire « prégéologique » de la terre. Ce volume est bien illustré, magnifiquement édité et ne semble pas avoir souffert sérieusement des conditions imposées par la guerre.

A. E. TRUEMAN